Proyecto en Discusión Pública Nacional

ENERO 2023

Ministerio de Obras Públicas de la Nación
Secretaría de Obras Públicas

REGLAMENTO CIRSOC 200

REGLAMENTO ARGENTINO DE

TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

CIRSOC - Centro de Investigación
de los Reglamentos Nacionales
de Seguridad para las Obras Civiles

INTI
Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

REGLAMENTO ARGENTINO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

EDICIÓN ENERO 2023

Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4779-3182 / 3183 / 3184

E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@fm.gob.ar

INTERNET: www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc

Primer Director Técnico (✝ 1980): **Ing. Luis María Machado**

Directora Técnica hasta el presente Reglamento: ***Inga. Marta S. Parmigiani***

Director Técnico: ***Ing. Daniel A. Ortega***

Área Estructuras de Hormigón: ***Inga. Solange Cipolla***
Inga. Denise Ruggiero
Área Administración y Finanzas: ***Lic. Mónica B. Krotz***
Área Diseño y Edición: ***Sr. Néstor D. Corti***
Área Secretaría y Publicaciones: ***Srta. Sofía Montenegro***

© 2023

Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4515-5000

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.
Printed in Argentina.

INTI CIRSOC

ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Obras Públicas de la Nación
Secretaría de Vivienda y Hábitat de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Vial Federal
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización y Certificación
Techint
Acindar – Grupo Arcelor Mittal

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil
Federación Argentina de la Ingeniería Civil
Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines de Salta
Asociación Argentina de Ensayos no Destructivos

Reconocimiento Especial

El ***INTI-CIRSOC*** agradece muy especialmente a los autores del Libro ***BASES DE UN CODIGO MODELO PARA LA TECNOLOGIA DE LAS OBRAS DE HORMIGON:***

Ing. Alberto GIOVAMBATTISTA

Ing. Angel DI MAIO

Ing. Darío FALCONE

Ing. Carlos A.P. FAVA

Ing. Graciela GIACCIO

Ing. Fabián ILORO

Ing. Edgardo IRASSAR

Ing. Carlos MILANESI

Ing. Luis TRAVERSA

Ing. Claudio ZEGA

Ing. Raúl ZERBINO

por habernos permitido utilizar su contenido como base para el desarrollo del ***PROYECTO CIRSOC 200 – REGLAMENTO ARGENTINO DE TECNOLOGIA DEL HORMIGON***.

COMISIÓN REDACTORA DEL

REGLAMENTO ARGENTINO DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

PROYECTO CIRSOC 200

Coordinador: Ing. Alberto Giovambattista

Este Proyecto de Reglamento ha contado con la activa participación de la ***Inga. Marta S. Parmigiani****, como responsable de la coordinación y Dirección Técnica de* ***INTI-CIRSOC*** *hasta 2022, cuando debió jubilarse, y completado por la* ***Oficina Técnica de INTI-CIRSOC*** *para poder ser presentado a discusión pública nacional.*

COMISION REDACTORA Y PERMANENTE DE TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN DE INTI-CIRSOC

Reglamento Argentino de Tecnología del Hormigón

Coordinador:	
Ing. GIOVAMBATTISTA, Alberto	CONSULTOR INDEPENDIENTE, ASESOR DEL CIRSOC, ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA, ACADEMA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
Integrantes:	
Ing. BALZAMO, Humberto	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, GRUPO CIMHE
Ing. BASCOY, Daniel	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - BUENOS AIRES
Inga. BENITEZ, Alejandra	INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Ing. CASTELLI, Eduardo	VIALIDAD NACIONAL
Ing. CIVITILLO, Pablo	INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Ing. DE GIOBBI, Néstor	ITH – INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL HORMIGÓN S.A.
Ing. DI MAIO, Angel	INVESTIGADOR CONICET, LEMIT
Mg. Ing. DONINI, Hugo	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO
Ing. FALCONE, Darío	LEMIT-CIC, FACULTAD DE INGENIERÍA UNLP
Ing. FAVA, Carlos A.P.	FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Ing. GALUPPO, Juan Carlos	CONSULTOR INDEPENDIENTE
Mg. Inga. GARCIA FALCON, Adriana	INVESTIGADORA CAT. UTN – P.INC.ME – UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL – FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

Ing. GIACCIO, Graciela	INVESTIGADORA CIC, FACULTAD DE INGENIERÍA UNLP - LEMIT-CIC
Ing. IRASSAR, Edgardo	FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROV. DE BUENOS AIRES
Ing. MILANESI, Carlos	CEMENTOS AVELLANEDA S.A.
Inga. PALAZZI, Silvia	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
Ing. POLZINETTI, Matías	INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO
Quím. QUEVEDO, Carlos	EMPRESA SACDE S.A.
Ing. TRAVERSA, Luis	INVESTIGADOR EMÉRITO COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - CICPBA
Ing. ZEGA, Claudio	INVESTIGADOR CONICET, LEMIT-CIC
Ing. ZERBINO, Raúl	INVESTIGADOR CONICET, FACULTAD DE INGENIERÍA UNLP - LEMIT-CIC

Agradecimiento especial

- *El **INTI-CIRSOC** agradece muy especialmente a las **Ingas. Solange CIPOLLA y Denise RUGGIERO**, por su colaboración en la revisión y edición del presente documento.*

- ***Foto de Tapa:** El **INTI-CIRSOC** agradece muy especialmente al **Quím. Carlos Quevedo** por la gestión llevada a cabo para poder donarnos la foto de tapa de este Reglamento, cuyo **Autor es el Fotógrafo Alejandro Adur**. La misma ilustra el interior de la **Obra de Soterramiento del Ferrocarril Sarmiento**.*

BREVE NOTA INTRODUCTORIA

El CIRSOC 200 es una concepción original de la Ingeniería Argentina. Contiene las especificaciones sobre la tecnología del hormigón y la vida en servicio requeridas para la mayoría de las estructuras de hormigón, a excepción de los diques de hormigón masivo y los pavimentos, que demandan otras especificaciones particulares. Ello viene a cubrir un vacío existente en nuestro medio donde sólo disponemos de Reglamentos CIRSOC que cubren la tecnología para las estructuras de edificios. CIRSOC ha elaborado este proyecto con la intención de aplicarlo conjuntamente con otros reglamentos en tanto ellos no cubran los aspectos específicos de materiales, diseños por durabilidad, procesos constructivos y criterios de conformidad.

La Tecnología del Hormigón de los Reglamentos CIRSOC en sus distintas generaciones se ha inspirado en los documentos internacionales más avanzados de la especialidad destacándose como valor agregado, que nunca se limitó a copiarlos ni adaptarlos, sino que fueron desarrollados con un notable sentido crítico incorporando la experiencia nacional, las condiciones particulares y los desarrollos propios de nuestro medio.

Argentina tiene una tradición de casi 60 años en la elaboración de las especificaciones de tecnología del hormigón contenidas en los reglamentos de seguridad para estructuras. La misma comenzó a partir de la elaboración del PRAEH 1964 y continuó en las sucesivas ediciones del CIRSOC 201. En esa saga volcaron sus conocimientos varias generaciones de especialistas, que mantuvieron la continuidad conceptual sin dejar de actualizarla con el desarrollo tecnológico y la evolución del medio productivo.

Pasados varios años, esta nueva propuesta del CIRSOC pretende atender a la imperiosa necesidad de actualización en los avances en tecnología de las construcciones de hormigón en sus diversas facetas, que incluyen nuevos materiales componentes y aditivos, desarrollo de nuevas tecnologías, y criterios vinculados a mejoras tanto en la durabilidad como en la sustentabilidad de las construcciones. Por ello, ha incorporado capítulos específicos si se compara con versiones anteriores; a la vez, como fuera expresado, ha ampliado su alcance no limitándolo exclusivamente a la construcción de edificios.

La idea básica subyacente en el CIRSOC 200 es contribuir a afianzar las buenas prácticas constructivas y facilitar la construcción de las estructuras de hormigón en las mejores condiciones imperantes en las distintas regiones de nuestro país, pero siempre priorizando la seguridad de las estructuras en relación con la vida y los bienes de los usuarios, el funcionamiento de las obras de infraestructura que facilitan la vida de la población y la sustentabilidad de los emprendimientos. Los notables avances que año tras año se verifican en la materia fortalece la sensación de que el proceso no ha concluido y que existe una necesidad de actualización permanente, y confiamos puedan diseñarse las mejores estrategias para tal fin.

Metodología para el envío de observaciones, comentarios y sugerencias al

Proyecto de Reglamento CIRSOC 200-2023

Reglamento Argentino de Tecnología del Hormigón

en Discusión Pública Nacional
(1° de enero de 2023 – 31 de diciembre de 2023)

Las observaciones, comentarios y sugerencias se deberán enviar a la Sede del CIRSOC, Av. Cabildo 65, Subsuelo Ala Savio (C1426AAA), C.A.B.A., hasta el 31 de diciembre de 2023, siguiendo la metodología que a continuación se describe:

1. Se deberá identificar claramente el Capítulo que se analiza, como así también el artículo y párrafo que se observa.
2. Las observaciones se deberán acompañar de su fundamentación y de una redacción alternativa, con el fin de que los Coordinadores del Proyecto comprendan claramente el espíritu de las observaciones.
3. Las observaciones, comentarios y sugerencias deberán presentarse por escrito, firmadas y con aclaración de firma, y deberán enviarse por correo o entregarse en mano. Se solicita detallar Dirección, Teléfono, E-mail con el fin de facilitar la comunicación.
4. No se aceptarán observaciones enviadas por fax o e-mail, dado que estos medios no permiten certificar la autenticidad de la firma del autor de la observación.

Confiamos en que este Proyecto les interese y participen activamente en su Discusión Pública Nacional.

Gracias

ÍNDICE

CAPITULO 1. CAMPO DE VALIDEZ, DOCUMENTACION TECNICA Y DEFINICIONES

1.1. CAMPO DE VALIDEZ 1

1.1.1. Introducción 1
1.1.2. Vigencia 1
1.1.3. Materiales, elementos y sistemas constructivos no contemplados en este Reglamento 3
1.1.4. Figuras legales mencionadas en este Reglamento 3

1.2. NORMAS DE APLICACIÓN 4

1.3. DOCUMENTACION TECNICA 10

1.3.1. Antecedentes 10
1.3.2. Materiales 11
1.3.3. Hipótesis del Proyecto Estructural 11
1.3.4. Autenticidad de la Documentación Inicial de Obra 11
1.3.5. Registros 11

1.4. DEFINICIONES 13

1.5. UNIDADES 13

ANEXOS AL CAPITULO 1

A-1. DEFINICIONES 17

CAPITULO 2. ESPECIFICACIONES POR DURABILIDAD Y RESISTENCIA

2.0. SIMBOLOGIA 23

2.1. REQUISITOS GENERALES 23

2.2. REQUISITOS POR DURABILIDAD 24

2.2.1. Requisitos generales 24
2.2.2. Requisitos del Proyecto Estructural 26
2.2.3. Requisitos de ejecución 27
2.2.4. Clasificación del medio ambiente 27
2.2.5. Sustancias agresivas al hormigón contenidas en aguas y suelos en contacto con las Estructuras 32
2.2.6. Medio ambiente agresivo 33
2.2.7. Contenido máximo de sulfatos en los agregados componentes del hormigón 33
2.2.8. Contenidos máximos de cloruros en el hormigón 33
2.2.9. Agresividad por sulfatos 34
2.2.10. Agresividad por ácido biogénico 36
2.2.11. Medidas especiales de protección en ambientes con agresividad química 38

2.2.12. Hormigón expuesto a congelación y deshielo 38
2.2.13. Resistencia a la corrosión por carbonatación del hormigón del recubrimiento de la armadura 39
2.2.14. Resistencia a la corrosión de la armadura en ambiente con cloruros 41
2.2.15. Coeficiente de succión capilar y penetración de agua 42
2.2.16. Reacción álcali-agregado (RAA) 42
2.2.17. Requerimientos prestacionales. Disposiciones Complementarias 48

2.3. RESISTENCIA DE LOS HORMIGONES 49

2.3.1. Resistencia especificada 49
2.3.2. Clases de hormigón 49
2.3.3. Edad de diseño 50

ANEXOS AL CAPITULO 2

A2-1. PROCEDIMIENTO CIRSOC PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE CARBONATACION ACELERADA 53

A2-2. DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS PRESCRIPTIVAS PARA EVITAR DAÑOS POR RAS 57

A2-3. AGRESIVIDAD DE LAS DISTINTAS SUSTANCIAS QUÍMICAS AL HORMIGÓN 65

CAPITULO 3. MATERIALES

3.0. SIMBOLOGIA 67

3.1. CEMENTOS 67

3.1.1. Requisitos generales 67
3.1.2. Requisitos especiales 68
3.1.3. Provisión y almacenamiento del cemento 68

3.2. AGREGADOS 69

3.2.1. Campo de validez 69
3.2.2. Requisitos generales 70
3.2.3. Agregado fino 71
3.2.4. Agregado grueso 74
3.2.5. Acopio y manipuleo de agregados 79

3.3. AGUA PARA MORTEROS Y HORMIGONES 79

3.3.1. Requisitos 79

3.4. ADITIVOS PARA HORMIGONES 80

3.4.1. Requisitos generales 80
3.4.2. Acopio, identificación y manipuleo 80

3.5. ADICIONES MINERALES PULVERULENTAS 81

3.5.1. Requisitos generales 81
3.5.2. Provisión y almacenamiento de las adiciones minerales 81

3.6. ACEROS 82

3.6.1. Barras y alambres de acero para armaduras 82
3.6.2. Mallas de alambres de acero soldadas para armaduras 87
3.6.3. Cordones, alambres y barras para estructuras de hormigón pretensado 87
3.6.4. Acopio, identificación y manipuleo 93

3.7. FIBRAS 93

3.7.1. Características y tipos de fibras 93

3.8. BARRERAS IMPERMEABLES (WATERSTOPS) 94

3.8.1. Barreras impermeables pasivas 95
3.8.2. Barreras impermeables hidroexpansivas 95

CAPITULO 4. HORMIGÓN FRESCO - PROPIEDADES, DOSIFICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

4.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO 97

4.1.1. Consistencia del hormigón 97
4.1.2. Aire intencionalmente incorporado 99
4.1.3. Contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm 100
4.1.4. Exudación del hormigón 101
4.1.5. Contenido unitario de cemento 101
4.1.6. Homogeneidad de una mezcla de hormigón 102

4.2. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN 102

4.2.1. Requisitos generales 102
4.2.2. Estimación de la resistencia de diseño de la mezcla 103
4.2.3. Desviación estándar 104
4.2.4. Elección de la razón agua/cemento 107
4.2.5. Determinación de la composición del hormigón 107

4.3. PRODUCCIÓN 107

4.3.1. Datos básicos de producción a disponer 107
4.3.2. Medición de los materiales componentes del hormigón 108
4.3.3. Mezclado del hormigón 110

4.4. TRANSPORTE DEL HORMIGÓN EN OBRA 112

4.4.1. Aspectos generales 112
4.4.2. Transporte en camiones sin dispositivos mezcladores ni de agitación 112
4.4.3. Transporte del hormigón mediante motohormigoneras o equipos agitadores 113

4.5. TRASLADO DEL HORMIGON HASTA EL EMPLAZAMIENTO DEFINITIVO EN LA ESTRUCTURA 115

4.5.1. Generalidades 115
4.5.2. Transporte del hormigón mediante canaletas 115
4.5.3. Transporte del hormigón mediante cintas 115
4.5.4. Transporte del hormigón por bombeo 116
4.5.5. Transporte del hormigón mediante tuberías verticales 117
4.5.6. Transporte con caja estanca o balde 117

4.6. COLOCACIÓN 117

4.6.1. Aspectos generales 117
4.6.2. Estructuras hormigonadas en contacto con el suelo 118
4.6.3. Estructuras hormigonadas en contacto o bajo agua 118
4.6.4. Estructuras hormigonadas en contacto con encofrados 119
4.6.5. Disposiciones sobre colocación del hormigón 120
4.6.6. Hormigonado de elementos típicos 121

4.7. COMPACTACIÓN 122

4.7.1. Requisitos generales 122
4.7.2. Compactación mediante vibradores de inmersión 123
4.7.3. Compactación manual por varillado 125
4.7.4. Compactación mediante vibradores de encofrados 125

4.8. SUPERFICIES Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN 125

4.8.1. Definición 125
4.8.2. Tipos de juntas 126
4.8.3. Ejecución y tratamiento de las juntas de construcción 126
4.8.4. Diseño de las juntas de construcción 127

4.9. JUNTAS DE CONTRACCIÓN Y DE DILATACIÓN 128

4.9.1. Ubicación 128
4.9.2. Metodología de ejecución 128

4.10. PROTECCIÓN Y CURADO DEL HORMIGÓN 128

4.10.1. Acciones que originan la necesidad de protección 128
4.10.2. Curado del hormigón 129
4.10.3. Curado con agua 131
4.10.4. Curado mediante compuestos líquidos capaces de formar membranas 131
4.10.5. Curado mediante membranas preformadas 132
4.10.6. Curado a vapor 133

ANEXOS AL CAPITULO 4

A4-1. HORMIGÓN FRESCO 137

A4-2. CONDICIONES DE COLOCACIÓN E INSPECCIÓN DE BARRERAS IMPERMEABLES 141

CAPÍTULO 5. HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO Y CALIDO

5.1. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO 143

5.1.1. Definición 143
5.1.2. Temperaturas de colocación del hormigón fresco 143
5.1.3. Temperaturas máximas de calentamiento de los materiales 143
5.1.4. Elaboración del hormigón 145
5.1.5. Colocación del hormigón 145
5.1.6. Protección y curado del hormigón 146

5.2. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO CÁLIDO 148

5.2.1. Definición 149
5.2.2. Temperatura de colocación del hormigón fresco 149
5.2.3. Reducción de la temperatura del hormigón 150
5.2.4. Elaboración del hormigón 150
5.2.5. Transporte y colocación del hormigón 152
5.2.6. Protección y curado del hormigón 152

ANEXO AL CAPITULO 5

A5-1. HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO Y CALIDO 157

CAPÍTULO 6. CRITERIOS Y CONTROL DE CONFORMIDAD DEL HORMIGÓN

6.0. SIMBOLOGÍA 161

6.1. REQUISITOS GENERALES 161

6.2. CONFORMIDAD CON LA RESISTENCIA ESPECIFICADA 165

6.2.1. Requisitos generales 165
6.2.2. Dimensión de lotes y extracción de muestras 166
6.2.3. Criterios de conformidad para el Modo 1 de Control 167
6.2.4. Criterios de conformidad para el Modo 2 de Control 172
6.2.5. Criterios de conformidad para el hormigón de elementos estructurales sometidos a curado acelerado 172
6.2.6. Determinación del volumen de hormigón no conforme 173

6.3. ESTIMACION DE LA RESISTENCIA EFECTIVA 174

6.3.1. Campo de validez 174
6.3.2. Ensayo de probetas moldeadas 174
6.3.3. Aplicación del criterio de madurez del hormigón 175

6.4. VERIFICACIONES A REALIZAR CUANDO UN LOTE NO POSEE LA RESISTENCIA POTENCIAL ESPECIFICADA 177

6.5. ESTIMACION DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO EQUIVALENTE DE UNA ESTRUCTURA EN SERVICIO 178

6.6. CONFORMIDAD DE LOS REQUISITOS DE DURABILIDAD 179

6.6.1. Requisitos generales 179
6.6.2. Criterios de conformidad para la razón agua/cemento 180

6.7. CONFORMIDAD DE LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO 181

6.7.1. Extracción de muestras de hormigón fresco 181
6.7.2. Metodología de control 183
6.7.3. Criterios de conformidad para la consistencia del hormigón 183
6.7.4. Criterios de conformidad para el contenido de aire en el hormigón 184
6.7.5. Criterios de conformidad para la temperatura del hormigón fresco 184
6.7.6. Criterios de conformidad para la masa de la unidad de volumen del hormigón fresco 185
6.7.7. Criterios de conformidad para el contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm 185
6.7.8. Criterio de conformidad para el requisito de exudación del hormigón 186
6.7.9. Criterios de conformidad para otras propiedades del hormigón exigidas en los Documentos del Proyecto 186

ANEXOS AL CAPITULO 6

GUIA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA UNA PLANTA ELABORADORA DE HORMIGÓN

A6-I. INTRODUCCIÓN, TÉRMINOS, DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES 189

A6-II. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC) 192

CAPÍTULO 7. SISTEMAS DE ENCOFRADOS. PUNTALES, ARRIOSTRAMIENTOS Y OTROS ELEMENTOS DE SOSTEN.
CAÑERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN.
TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS DE ENCOFRADOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES TERMINADOS.

7.0. SIMBOLOGÍA 229

7.1. ENCOFRADOS, PUNTALES, ARRIOSTRAMIENTOS Y OTROS ELEMENTOS DE SOSTÉN 229

7.1.1. Exigencias generales 229
7.1.2. Encofrados 230
7.1.3. Puntales, arriostramientos y accesorios de unión y sujeción 232

7.2. REMOCIÓN DE ENCOFRADOS, APUNTALAMIENTOS Y ARRIOSTRAMIENTOS. REAPUNTALAMIENTOS 233

7.2.1. Exigencias generales 233

7.2.2. Resistencia y plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén 236

7.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS 239

7.3.1. Presión lateral originada por el hormigón fresco sobre los encofrados 239
7.3.2. Cargas verticales 241
7.3.3. Cargas horizontales 242
7.3.4. Cargas especiales 243
7.3.5. Tensiones específicas (unitarias) 243
7.3.6. Accesorios para los sistemas de encofrados 244

7.4. CAÑERÍAS PARA LA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN 245

7.4.1. Exigencias generales 245
7.4.2. Cañerías de acero para la conducción de fluidos 247

7.5. TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS DE ENCOFRADOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES TERMINADOS 247

7.5.1. Exigencias generales 247
7.5.2. Estructuras de hormigón armado construidas en el lugar 248
7.5.3. Tolerancias en el acabado de superficies de losas 250
7.5.4. Clases y tolerancias de terminación 251
7.5.5. Estructuras de hormigón ejecutadas con encofrados deslizantes 253

CAPÍTULO 8. CONTROL DE FISURACIÓN Y RECUBRIMIENTO DE ARMADURAS

8.1. GENERAL 255

8.2. CONTROL DE FISURACIÓN 255

8.3. RECUBRIMIENTOS DE ARMADURA 262

CAPÍTULO 9. HORMIGONES CON CARACTERISTICAS PARTICULARES

9.1. CONDICIONES GENERALES 267

9.2. HORMIGON AUTOCOMPACTABLE (HAC) 267

9.2.1. Alcance 267
9.2.2. Definiciones 267
9.2.3. Requisitos 269
9.2.4. Requisitos para los materiales componentes 270
9.2.5. Determinación de las proporciones de la mezcla 271
9.2.6. Parámetros generales de diseño 271
9.2.7. Elaboración 272
9.2.8. Mezclado 272
9.2.9. Transporte 272
9.2.10. Control de calidad 273
9.2.11. Ajuste de la mezcla en obra 274

9.2.12. Personal para el control y supervisión 274
9.2.13. Encofrados 274
9.2.14. Colocación 275
9.2.15. Compactación 276
9.2.16. Protección y curado 276
9.2.17. Elemento estructural de prueba 276

9.3. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS 277

9.3.1. Campo de validez 277
9.3.2. Definiciones 277
9.3.3. Verificación de la prestación del HRF 278
9.3.4. Estado fresco 279
9.3.5. Control de HRF 280
9.3.6. Criterios para conformidad 281

9.4. HORMIGÓN PROYECTADO 281

9.4.1. Campo de validez 281
9.4.2. Definiciones 282
9.4.3. Requisitos para los materiales componentes 282
9.4.4. Requisitos en estado fresco y de resistencia y durabilidad 283
9.4.5. Determinación de las proporciones de la mezcla 284
9.4.6. Ejecución 285
9.4.7. Control de calidad 287

9.5. HORMIGÓN MASIVO ESTRUCTURAL 288

9.5.1. Definición, alcance y requisitos 288

9.5.2. Materiales componentes 290
9.5.3. Propiedades del hormigón fresco 291
9.5.4. Resistencia potencial del hormigón masivo 292
9.5.5. Colocación y compactación del hormigón 293
9.5.6. Curado y protección del hormigón 295
9.5.7. Armaduras y juntas para el control de fisuración 296

9.6. HORMIGÓN DE RETRACCION COMPENSADA (HRC) 296

9.6.1. Definición 296
9.6.2. Elaboración 297
9.6.3. Evaluación y requisitos del HRC 297
9.6.4. Curado del HRC 297
9.6.5. Control en obra 297

9.7. HORMIGÓN CON AGREGADOS RECICLADOS (HR) 297

9.7.1. Definición 297
9.7.2. Campo de validez y requisitos 297
9.7.3. Agregados finos y gruesos reciclados 298
9.7.4. Acopio y manipuleo de los agregados reciclados 300
9.7.5. Propiedades en estado fresco, dosificación y puesta en obra de hormigones reciclados 300
9.7.6. Requisitos por durabilidad y resistencia 300

9.8. REQUISITOS ADICIONALES PARA HORMIGONES CON EXIGENCIAS PARTICULARES 301

CAPÍTULO 10. HORMIGÓN PRETENSADO. INYECCIÓN DE VAINAS

10.0. SIMBOLOGÍA 303

10.1. CAMPO DE VALIDEZ 303

10.2. LECHADA DE INYECCIÓN 303

10.2.1. Función de la inyección 303
10.2.2. Lechada de inyección 303

10.3. REQUISITOS A CUMPLIR POR LAS MEZCLAS DE INYECCIÓN 304

10.3.1. Razón agua/cemento 304
10.3.2. Fluidez 304
10.3.3. Exudación 304
10.3.4. Estabilidad volumétrica 305
10.3.5. Tiempo de fraguado 305
10.3.6. Resistencia especificada 305
10.3.7. Temperatura 306
10.3.8. Verificación del cumplimiento de las especificaciones en mezclas de prueba 306

10.4. MATERIALES COMPONENTES 307

10.4.1. Cemento 307
10.4.2. Agua de mezclado 307
10.4.3. Aditivos químicos 307

10.5. CRITERIOS Y CONTROL DE CONFORMIDAD 307

10.6. DOSIFICACIÓN 310

10.6.1. Requisitos generales 310

10.7. PRODUCCIÓN 312

10.8. MEZCLADO 312

10.9. INYECCIÓN 313

10.9.1. Personal 313
10.9.2. Embocaduras de entrada y salida 313
10.9.3. Precauciones que se deben adoptar antes de la inyección 313
10.9.4. Equipamiento necesario 314
10.9.5. Operación de inyección de vainas 315

10.10. MEDIDAS DE PROTECCIÓN E INYECCIÓN CON BAJAS TEMPERATURAS 315

10.11. REGISTROS 316

10.11.1. Datos generales para cada operación de inyección 316
10.11.2. Datos generales de la lechada de inyección 317
10.11.3. Datos de los ensayos previos de aptitud realizados en laboratorio y de los controles de conformidad realizados en obra 317

10.12. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA FLUIDEZ DE LA LECHADA DE INYECCIÓN 317

10.12.1. Cantidad de determinaciones por ensayo 317
10.12.2. Equipamiento necesario 318
10.12.3. Tareas previas a la realización del ensayo de fluidez 320
10.12.4. Calibración del cono de fluidez 320
10.12.5. Procedimiento de ensayo 321
10.12.6. Valores de ensayo a registrar 321

10.13. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACIÓN DE LA LECHADA DE INYECCIÓN 322

10.13.1. Cantidad de determinaciones por ensayo 322
10.13.2. Equipamiento necesario 322
10.13.3. Procedimiento de ensayo 322
10.13.4. Valores de ensayo a registrar 323

10.14. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DE VOLUMEN DE LA LECHADA DE INYECCIÓN 323

10.14.1. Cantidad de probetas por ensayo 323
10.14.2. Equipos 324
10.14.3. Procedimiento de ensayo 325
10.14.4. Valores de ensayo a registrar 326

10.15. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE LA LECHADA DE INYECCIÓN 326

10.16. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA LECHADA DE INYECCIÓN 326

10.16.1. Resistencia a compresión 326
10.16.2. Cantidad de probetas por ensayo 327
10.16.3. Equipamiento necesario 327
10.16.4. Procedimiento de ensayo 327
10.16.5. Valores de ensayo a registrar 328

10.17. MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS TEMPERATURAS AMBIENTE DE LA LECHADA DE INYECCIÓN Y DE LA ESTRUCTURA 328

10.17.1. Equipamiento necesario 328

CAPÍTULO 1. CAMPO DE VALIDEZ, DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y DEFINICIONES

1.1. CAMPO DE VALIDEZ

C 1.1. CAMPO DE VALIDEZ

1.1.1. Introducción

C 1.1.1. Introducción

Este Reglamento pertenece a la ***Tercera Generación*** de Reglamentos Nacionales de Seguridad Estructural desarrollados por el ***INTI-CIRSOC***, con el fin de cumplir con sus objetivos de creación referidos a garantizar un nivel adecuado de seguridad de las personas y los bienes, calidad y durabilidad de las obras públicas y privadas y de confiabilidad de las inversiones que se realicen en infraestructura.

Los mencionados objetivos han sido tenidos en cuenta, en ***forma prioritaria***, en la elaboración de los requisitos contenidos en este Reglamento, donde se establecen los requerimientos mínimos para la Tecnología del Hormigón a utilizar en el diseño y construcción de las estructuras de hormigón sin armar, armado y pretensado, las que deben ser capaces de resistir las acciones previstas durante los períodos de construcción y de servicio, ofreciendo la seguridad adecuada al uso al que se destinen durante su período de vida útil.

De acuerdo con lo establecido en el ***Reglamento CIRSOC 201-2005*** pretensado incluye pretesado y postesado.

Para el desarrollo de este Reglamento se adoptaron como referencia los Capítulos 2 a 7, relativos a materiales, hormigones y requisitos constructivos, del ***Reglamento CIRSOC 201-2005*** a los que se actualizó a la fecha.

También se incorporaron los conocimientos y requerimientos necesarios para ampliar su ***Campo de validez*** según se define en el artículo 1.1.2. Se presentan conceptos de diseño por vida útil atendiendo a la necesidad de extender la vida en servicio en estructuras relevantes, y se incorpora un capítulo específico sobre control de fisuración y recubrimientos. A la vez, en un Anexo al Capítulo 6, se mantienen las orientaciones para el desarrollo de un sistema de gestión de calidad. Finalmente se profundizó en los requerimientos y particularidades asociadas al uso de hormigones con características especiales tales como hormigón proyectado, hormigón autocompactante, hormigón reforzado con fibras, hormigón masivo estructural, hormigón reciclado y hormigón de retracción compensada.

A los fines de la aplicación de este Reglamento es indistinto utilizar la terminología hormigón autocompactable o autocompactante.

1.1.2. Vigencia

C 1.1.2. Vigencia

1.1.2.1. Este Reglamento es de aplicación a las estructuras de hormigón en general, y de forma específica a las ***estructuras de edificios*** destinadas a

C 1.1.2.1. Este Reglamento, aunque no es específico, también aplica a elementos prefabricados de hormigón en lo relativo a los

viviendas, cocheras, locales públicos, depósitos e industrias. Para este último tipo de estructuras debe ser utilizado en conjunto con el ***Reglamento CIRSOC 201-2023 – Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón***.

También es de aplicación a puentes, chimeneas, muros de contención, silos, pilas de vertedero, salas de máquinas, revestimientos de túneles, conductos de líquidos cloacales, estructuras portuarias y otras estructuras similares a las mencionadas.

1.1.2.2. Es de aplicación a los materiales y construcción de ***pilotes y cabezales de hormigón, pilares excavados y cajones de fundación*** que queden enterrados en el suelo.

1.1.2.3. Este Reglamento es de aplicación a las estructuras de ***hormigón sin armar, armado y pretensado*** cuya masa por unidad de volumen del material seco a masa constante esté comprendida entre ***2000*** y ***2800 kg/m^3***.

1.1.2.4. En el caso particular de las estructuras de ***hormigón prefabricado***, este Reglamento es de aplicación en todo lo que no se oponga a las especificaciones particulares del procedimiento de prefabricación, contenidas en otros reglamentos específicos.

C 1.1.2.4. Este Reglamento, aunque no es específico, también aplica a ***elementos prefabricados de hormigón*** en lo relativo a los requerimientos sobre materiales, elaboración y puesta en obra del hormigón en todo lo que no se oponga a lo específicamente establecido en el Proyecto Estructural.

1.1.2.5. Este Reglamento mantiene el criterio del Reglamento CIRSOC 201-2005 y ***no contempla la utilización de barras, alambres y/o mallas soldadas de acero para armaduras revestidas con epoxi,*** las que serán objeto de un documento CIRSOC específico.

1.1.2.6. Este Reglamento ***no es de aplicación*** para las siguientes estructuras:

- Estructuras que se construyan con hormigones livianos, pesados o refractarios.
- Estructuras que en condiciones normales de servicio se encuentren sometidas a temperaturas mayores de ***70°C***.

1.1.2.7. Este Reglamento ***no es de aplicación*** a las estructuras de hormigón masivo, como vertederos y muros de gravedad de presas.

C 1.1.2.7. Estas estructuras requieren la aplicación de tecnologías específicas. Las mismas serán incluidas en una futura revisión de este Reglamento.

1.1.2.8. Este Reglamento ***no es de aplicación*** al diseño y construcción de ***pavimentos y pisos de hormigón para uso carretero e industrial.***

Sin embargo, algunos aspectos de este Reglamento, como los relativos a las especificaciones sobre durabilidad del hormigón, materiales componentes, dosificación, elaboración y entrega del hormigón, pueden ser de aplicación en todo lo que no se oponga a las especificaciones particulares de documentos específicos en la materia, cuyas indicaciones se consideran prevalentes frente a este Reglamento.

1.1.3. Materiales, elementos y sistemas constructivos no contemplados en este Reglamento

La utilización de materiales para la elaboración del hormigón simple, armado, pretensado, así como de elementos o sistemas constructivos ***no especificados en este Reglamento***, deberán requerir la autorización expresa de la Autoridad Fiscalizadora.

1.1.4. Figuras legales mencionadas en este Reglamento

1.1.4.1. A los fines de este Reglamento se definen las siguientes figuras legales:

Autoridad Fiscalizadora: Organismo que en la jurisdicción nacional, provincial o municipal en que se encuentra la obra, ejerce el poder de fiscalizar la seguridad de la construcción.

Comitente: Persona física o jurídica que encomienda las tareas profesionales.

Contratista Principal o Empresa Contratista: Persona física o jurídica adjudicataria de los trabajos, que ha tomado a su cargo la ejecución de la obra y que asume la responsabilidad ante el Comitente, las autoridades públicas y ante terceros, por la ejecución de la obra en los términos que establece la Ley.

Director de Obra: Profesional que ejerce personalmente o como jefe de un equipo la Dirección de la Obra. Es la autoridad máxima de la misma y el responsable de la aplicación de este Reglamento.

Inspector de Obra: Profesional auxiliar de la Dirección de Obra que representa en la obra al Director, por lo que la responsabilidad ante el Comitente es asumida exclusivamente por el Director de Obra.

Proyectista o Diseñador Estructural: Profesional que asume personalmente la totalidad de las especialidades involucradas en el proyecto o diseño de la estructura.

1.1.4.2. Para la aplicación de este Reglamento, los poderes públicos de cada jurisdicción deben establecer, para sus respectivas obras públicas, quiénes son los

funcionarios que asumirán las funciones asignadas por este Reglamento al ***Proyectista o Diseñador Estructural*** y al ***Director de Obra***.

1.2. NORMAS DE APLICACIÓN

En todo lo que no se oponga a lo expresamente establecido en este Reglamento, serán de ***aplicación directa*** las normas IRAM e IRAM-IAS que se detallan a continuación, en la versión correspondiente a la fecha de revisión que también se indica en el listado.

IRAM 738: Corrosión electroquímica de metales. Estructuras de hormigón armado y pretensado. Método de medición de potenciales espontáneos de armaduras de acero -***1999***.

IRAM 1501-2 NM-ISO 565: Tamices de ensayo. Tela de tejido metálico, chapa metálica perforada y lámina electroformada. Tamaños nominales de abertura -***2002***.

IRAM 1504: Cemento pórtland. Análisis químico -***1986***

IRAM 1505: Agregados. Análisis granulométrico -***2019***

IRAM 1512: Agregado fino para hormigón de cemento. Requisitos -***2013.***

IRAM 1519: Rocas basálticas. Método de determinación de la estabilidad. Ensayo de inmersión en etanodiol (etilén glicol) -***1982.***

IRAM 1520: Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua -***2002.***

IRAM 1524: Hormigón de cemento. Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y de tracción por compresión diametral -***2015.***

IRAM 1525: Agregados. Método de ensayo de durabilidad por ataque con sulfato de sodio -***1985.***

IRAM 1531: Agregado grueso para hormigón de cemento. Requisitos y métodos de ensayo -***2016.***

IRAM 1532: Agregados. Determinación de la resistencia a la fragmentación por el método “Los Ángeles” -***2009.***

IRAM 1533: Agregados gruesos. Método de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua -***2002*** y su modificación ***2007.***

C 1.2. NORMAS DE APLICACIÓN

Las ***normas IRAM e IRAM-IAS*** van acompañadas de la fecha de su publicación debido a que su contenido ha sido adoptado de base para el desarrollo de alguna prescripción reglamentaria específica. La modificación de la norma puede ocasionar una alteración de los criterios de seguridad que sustentaron la redacción de este Reglamento.

Cuando las ***normas IRAM e IRAM-IAS*** identificadas con su fecha de publicación se actualicen, la autoridad competente deberá analizar si las modificaciones introducidas afectan el contenido de este Reglamento.

IRAM 1534: Hormigón. Preparación y curado de probetas en laboratorio para ensayos de compresión y de tracción por compresión diametral -***2018*** y su modificación ***2020.***

IRAM 1536: Hormigón fresco de cemento. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono -***2020***

IRAM 1540: Agregados. Método de ensayo del material fino que pasa por el tamiz IRAM 75 μm, por lavado -***2004.***

IRAM 1546: Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión -***2013*** y su modificación ***2017.***

IRAM 1547: Hormigón de cemento pórtland. Ensayo de tracción por flexión -***1992.***

IRAM 1551: Hormigón de cemento pórtland. Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido -***2000.***

IRAM 1553: Hormigón de cemento. Preparación de las bases de probetas cilíndricas y testigos cilíndricos, para ensayo de compresión -***2008.***

IRAM 1554: Hormigón de cemento pórtland. Método de determinación de la penetración de agua a presión en el hormigón endurecido -***1983.***

IRAM 1557: Escoria de alto horno granulada molida -***1991.***

IRAM 1562: Hormigón fresco de cemento. Método para la determinación de la densidad (masa de la unidad de volumen) y el cálculo del rendimiento y del contenido del aire (gravimétrico) -***2012.***

IRAM 1569: Morteros, hormigones y sus componentes. Definiciones -***1990.***

IRAM 1593: Material calcáreo para cemento pórtland con "filler" calcáreo -***1994.***

IRAM 1601: Agua para morteros y hormigones de cemento -***2012.***

IRAM 1602-1: Hormigón de cemento pórtland. Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros. Método A -***1988.***

IRAM 1602-2: Hormigón de cemento pórtland. Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros. Método B -***1988*** y su modificación -***2020.***

IRAM 1604: Hormigón. Método de ensayo para determinar la exudación -***2004.***

IRAM 1627: Agregados. Granulometría de los agregados para hormigones -***1997.***

IRAM 1635: Método de ensayo para la determinación del cambio de largo en barras de mortero de cemento, expuestas a una solución de sulfato de sodio -***2009*** y su modificación ***2020.***

IRAM 1647: Agregados para hormigones y morteros de cemento. Métodos de ensayo -***2020*** y su modificación ***2021.***

IRAM 1648: Reacción álcali-agregado. Método de ensayo de inhibidores minerales ***-2004*** y su modificación ***2010.***

IRAM 1649: Examen petrográfico de agregados para hormigón -***2008.***

IRAM 1658: Hormigón. Determinación de la resistencia a la tracción simple por compresión diametral -***1995.***

IRAM 1661: Hormigones. Método de ensayo de la resistencia a la congelación en aire y deshielo en agua -***1970.***

IRAM 1662: Hormigones y morteros. Determinación del tiempo de fraguado. Método de resistencia a la penetración -***1995.***

IRAM 1663: Hormigón de cemento. Aditivos químicos -***2002.***

IRAM 1666*:** Hormigón elaborado. Requisitos y control de la producción -2020.***

IRAM 1667: Escoria granulada de alto horno. Requisitos y condiciones de recepción -***2016.***

IRAM 1668: Puzolanas y cenizas volantes silíceas. Características y muestreo -***2015.***

IRAM 1672: Hormigones. Preparación y curado en laboratorio de probetas para ensayos de flexión -***1970.***

IRAM 1674: Agregados. Determinación de la reactividad alcalina potencial. Método acelerado de la barra de mortero -***1997.***

IRAM 1675: Compuestos líquidos para la formación de membranas para el curado del hormigón. Características -***1975.***

IRAM 1680: Hormigones. Preparación y curado en obra de probetas prismáticas para ensayos de resistencia a la flexión.

IRAM 1683:1990: Método para la determinación de la velocidad de pulsos ultrasónicos -***1990.***

IRAM 1687-1: Agregados. Método de determinación del índice de lajosidad -***1996.***

IRAM 1687-2: Agregados. Determinación del índice de elongación -***1997.***

IRAM 1690: Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de la consistencia utilizando la mesa de Graf -***1986.***

IRAM 1694: Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de la dureza superficial del hormigón endurecido mediante la determinación del número de rebote empleando el esclerómetro de resorte -***1990***.

IRAM 1697: Hormigón de cemento pórtland. Hormigón fresco. Método de separación de agregados grandes por tamizado -***1978.***

IRAM 1700: Agregados. Métodos para la determinación del cambio de largo en prismas de hormigón, debido a la reacción álcali-agregado -***2013.***

IRAM 1705: Compactado de hormigón por vibración. Equipos y operación. Requisitos y métodos de ensayo -***1985.***

IRAM 1707-1: Hormigón de cemento. Parte 1. Determinación del índice de acidez del suelo por el método de Baumann-Gully -***2020.***

IRAM 1708-1: Hormigón de cemento pórtland. Agresividad del agua en contacto con estructuras. Determinación del grado de agresividad al carbonato de calcio por el método de Heyer modificado -***1998.***

IRAM 1709: Hormigón de cemento. Método y requisitos para el uso de placas de elastómero no adheridas, empleadas para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas y testigos cilíndricos de hormigón endurecido -***2016.***

IRAM 1734: Estructuras de hormigón. Recomendaciones para el radiografiado y la tomografía de armaduras en estructuras de hormigón -***1999.***

IRAM 1767: Hormigón. Método de ensayo de la consistencia utilizando el dispositivo Vebe -***2004.***

IRAM 1857: Hormigón de cemento pórtland. Determinación del contenido de ion cloruro en el hormigón -***2000.***

IRAM 1871: Hormigón. Método de ensayo para la determinación de la capacidad y el coeficiente de succión capilar de agua del hormigón endurecido -***2021.***

IRAM 1872: Hormigón. Agresividad del agua en contacto con estructuras. Métodos de ensayo para determinar pH, sulfatos solubles, magnesio y amonio -***2004.***

IRAM 1873:2004: Hormigón. Agresividad de suelos en contacto con estructuras de hormigón. Métodos de ensayo para determinar sulfatos solubles en agua y en ácido -***2010.***

IRAM 1874-1: Agregados para hormigones. Evaluación de estructuras en servicio. Resistencia a la congelación y el deshielo -***2004.***

IRAM 1874-2: Agregados para hormigones. Evaluación de estructuras en servicio. Reacción álcali-sílice -***2004.***

IRAM 1874-3: Agregados para hormigones. Evaluación de estructuras en servicio. Estabilidad de rocas basálticas -***2004.***

IRAM 1876: Hormigón. Métodos de ensayo para determinar la homogeneidad de una mezcla de hormigón -***2004.***

IRAM 1879: Hormigón de cemento. Análisis de hormigón fresco. Determinación de los contenidos del material cementicio, de agregados y de agua -***2009.***

IRAM 1890-1**:** Hormigones autocompactantes (HAC). Métodos de ensayo. Parte 1. Método de ensayo extendido y tiempo T-50 -***2018.***

IRAM 1890-2**:** Hormigones autocompactantes (HAC). Métodos de ensayo. Parte 2. Método de ensayo para determinar la capacidad de pasaje por el anillo J -***2019.***

IRAM 1892: Hormigón. Método de ensayo para la determinación del coeficiente de permeabilidad del aire (KT) del hormigón endurecido -***2022.***

IRAM 1893: Método de ensayo para determinación de la temperatura del hormigón en estado fresco -***2018.***

IRAM 1895: Hormigones de retracción compensada. Método de ensayo para la determinación de la expansión restringida -***2019.***

IRAM 1896: Hormigón proyectado. Método para la preparación de paneles de ensayo, extracción de

testigos y ensayo -***2019.***

IRAM 5170: Cordones de 7 alambres, no adherentes, (engrasados y envainados) para estructuras de hormigón pretensado -***2004.***

IRAM 50000:2000: Cementos. Cemento para uso general. Composición y requisitos -***2017*** y su modificación ***2021.***

IRAM 50001:2000: Cementos. Cementos con propiedades especiales. Requisitos -***2017*** y su modificación ***2019.***

IRAM 50002: Cementos. Cemento para hormigón de uso vial, aplicable con tecnología de alto rendimiento (TAR). Composición, requisitos y evaluación de la conformidad -***2009*** y su modificación ***2017.***

IRAM 50003**:** Cementos. Evaluación de la conformidad -***2017.***

IRAM-IAS U 500-03: Cordones de siete alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado -***2019.***

IRAM-IAS U 500-06: Mallas de alambres de acero soldados para armadura en estructuras de hormigón -***2016.***

IRAM-IAS U 500-07: Cordones de dos o tres alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado -***2005.***

IRAM-IAS U 500-26: Alambres de acero para armadura en estructuras de hormigón -***2016.***

IRAM-IAS U 500-97: Barras de acero para armadura en estructuras de hormigón. Soldadura -***2004.***

IRAM-IAS U 500-127: Soldadura por arco. Electrodos de acero de baja aleación, revestidos (AWS A5.5) -***1987.***

IRAM-IAS U 500-138: Soldadura. Ente habilitante y entes de calificación y certificación de soldadores, operadores y procedimientos de soldadura -***2016.***

IRAM-IAS U 500-166: Soldadura. Alambres y varillas de acero al carbono. Para procesos por arco eléctrico con protección gaseosa -***1989.***

IRAM-IAS U 500-169: Inspector de Soldadura -***2006.***

IRAM-IAS U 500-207: Barras de acero conformadas de dureza natural soldables, para armadura en estructuras de hormigón -***2017.***

IRAM-IAS U 500-245: Alambres de acero indentados para estructuras de hormigón pretensado -***2017.***

IRAM-IAS U 500-502: Barras de acero laminadas en caliente, lisas y de sección circular para armadura en estructuras de hormigón -***2004.***

IRAM-IAS U 500-517: Alambres de acero lisos para estructuras de hormigón pretensado -***2004.***

IRAM-IAS U 500-528: Barras de acero conformadas de dureza natural, para armadura en estructuras de hormigón -***2017.***

IRAM-IAS U 500-601: Soldadura por arco - Electrodos de acero al carbono, revestidos (AWS A5.1) -***1987.***

IRAM - ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos -***2015.***

IRAM - ISO- IEC 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración -***2017.***

1.3. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

A los efectos de la aplicación de este Reglamento se requiere la documentación que se menciona en los artículos 1.3.1 a 1.3.5.

C 1.3. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Se recomienda que la ***Documentación Técnica Inicial*** del ***Proyecto o Diseño Estructural contenga*** como mínimo los antecedentes, memorias de cálculo, especificaciones, planos de armado, planillas de doblado, esquemas de tesado, cómputos, presupuestos y plazos, para construir una determinada estructura de hormigón.

1.3.1. Antecedentes

- Análisis químicos de los suelos, aguas y otros materiales de contacto, con la correspondiente interpretación de resultados, para demostrar la ausencia de agresividad o en caso contrario la naturaleza y grado de la acción agresiva.

- Materiales disponibles en la zona para la construcción de las estructuras de hormigón.

- Análisis de la variación de la napa freática, si correspondiere.

- Análisis de las condiciones de exposición de la estructura a la acción del medio ambiente circundante y a los efectos climáticos.

1.3.2. Materiales

- Clases de hormigones para construir la estructura o sectores de ella.
- Características y propiedades de los aceros.
- Control de aptitud de los materiales cuando ello no esté explícitamente establecido en este Reglamento o en la norma de aplicación.

C 1.3.2. Materiales

En clases de hormigones se incluyen aquellos de características especiales.

Entre los aceros se incluyen aquellos de uso en hormigón pretensado.

1.3.3. Hipótesis del Proyecto Estructural

Se debe incluir como mínimo lo siguiente:

- Reglamentos o Códigos utilizados.
- Calidad de los materiales a emplear.
- Vida útil de diseño y estrategia de diseño y mantenimiento para asegurar dicha vida útil.
- Exigencias adicionales a las establecidas en este Reglamento.

1.3.4. Autenticidad de la Documentación Inicial de Obra

La firma del ***Director de Obra*** y la ***Conformidad del Comitente*** confiere autenticidad a cualquier legajo de la ***Documentación Técnica Inicial***.

1.3.5. Registros

Durante la realización de la obra, el ***Director de Obra*** debe registrar, o hacer registrar, en forma continua, toda información o dato importante relacionado con su ejecución. Todos los registros deben ser conservados por el ***Director de Obra***.

Como mínimo se deben llevar registros en donde conste la siguiente información:

- Datos diarios de las condiciones climáticas. Temperatura y humedad ambiente y en casos especiales velocidad del viento.
- Temperatura del hormigón fresco cada vez que se determine su asentamiento o se moldeen probetas de control. Cuando la temperatura del aire esté por debajo de ***5 ºC*** o por encima de ***30 ºC***, o en el entorno de estos valores, se deberá registrar la temperatura del hormigón en el momento de su colocación

C 1.3.5. Registros

A modo orientativo se recomienda un periodo de guarda entre ***5 y 10 años*** según tipo, magnitud y relevancia de la obra. El tipo de documentación y duración debería estar incluido dentro del sistema de gestión de la calidad de la obra.

- Precauciones adoptadas en obra cuando se coloque hormigón con el aire a una temperatura igual o menor de ***10 ºC*** o igual o mayor de ***25 ºC***.

- Cuando el hormigón se elabore en obra, composición del o los hormigones utilizados, clase de hormigón, con la indicación de la modalidad adoptada para medir los materiales componentes, y otra información relevante para la obra. Asimismo, incluir los resultados de los ensayos de control de producción y la ubicación o sector donde se colocó el hormigón, así como anomalías detectadas durante el proceso en la producción y en la obra, que asegure la trazabilidad de la información.

- Cuando se use hormigón elaborado, se deben archivar los remitos de entrega, registrando el nombre del proveedor, los números de las boletas de remito, la ubicación o sector donde se colocó el hormigón y los resultados de los ensayos de control de recepción. Además, si se aplican los criterios de conformidad del ***Modo 1***, ***artículo 6.2.3***, se debe archivar el certificado de conformidad del sistema de calidad emitido por un organismo de certificación acreditado ante el ***Organismo Argentino de Acreditación (OAA), según el Decreto 1474/94.***

- Detalles de la obtención de muestras, con indicación del elemento o elementos estructurales hormigonados al cual representan.

- Resultados de todas las propiedades medidas del hormigón fresco, fechas y edades de ensayos de las probetas moldeadas durante el hormigonado y los correspondientes resultados de resistencias.

- Tipos de aceros de armaduras para hormigón armado y para hormigón pretensado, con la ubicación en la estructura de acuerdo con la Documentación de Obra.

- Resultados de los ensayos de control de calidad de los aceros de armaduras para hormigón armado y para hormigón pretensado, en caso de haberse realizado.

- Certificados de conformidad con norma, emitidos por un organismo de certificación acreditado ante el Organismo Argentino de Acreditación (OAA), que certifique que los aceros cumplen con las normas IRAM o IRAM-IAS respectivas.

- Certificados de conformidad con norma, emitidos por un organismo de certificación acreditado ante el Organismo Argentino de Acreditación (OAA), que certifique que los cementos cumplen con las normas

IRAM correspondientes al tipo y clase de cemento indicado en los Documentos del Proyecto.

- Cuando se use hormigón pretensado y/o postesado, memoria en donde conste las operaciones de tesado e inyección de vainas. Resultados obtenidos para el control de calidad de la pasta de inyección.

1.4. DEFINICIONES

En el ***Anexo a este Capítulo*** se presentan las ***Definiciones*** de uso general en este Reglamento y al final del texto reglamentario se presenta un Glosario más amplio y completo.

1.5. UNIDADES

Las unidades utilizadas en este Reglamento corresponden al Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA) según Ley 19511/72.

ANEXO AL CAPÍTULO 1

DEFINICIONES

ANEXO A1. DEFINICIONES

DEFINICIONES

A continuación, se definen los términos más utilizados en este Reglamento, y que son comunes a todos sus Capítulos. Las definiciones especializadas aparecen en los Capítulos correspondientes del Reglamento.

A

Acero de pretensado: Elemento de acero de alta resistencia, como alambre, barra, o cordón, o un conjunto de los mismos, utilizado para introducir fuerzas de pretensado en el hormigón.

Adiciones Minerales Activas (AMA): Sustancias naturales o industriales silíceas o silicoaluminosas que, finamente molidas y en presencia de agua, son capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos estables, principalmente silicatos de calcio hidratados. Entre ellas se incluyen puzolanas y cenizas volantes silícicas (IRAM 1668), escoria granulada de alto horno (IRAM 1668:2015) y humos de sílice (ASTM C 1240).

Armadura: Conjunto de barras, alambres, mallas soldadas o cables de acero, que se incorporan a la masa del hormigón con el objeto de resistir en forma conjunta con este, los esfuerzos internos calculados. Debe cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 3.6.

Armadura conformada: Barras, alambres o mallas soldadas de acero, cuya superficie presenta salientes con el fin de mejorar su adherencia con el hormigón y que deben cumplir los requisitos especificados en los artículos 3.6.1 y 3.6.2.

Armadura lisa: Barras, alambres o mallas soldadas de acero cuya superficie no presenta salientes y que deben cumplir con los requisitos especificados en los artículos 3.6.1 y 3.6.2.

B

Barrera impermeable (waterstop): Cinta continua de metal, caucho, plástico u otro material, insertada a través de una junta para impedir el paso de líquidos a través de ella.

C

Cámara de curado húmedo: Una cámara para almacenar y curar probetas de hormigón o de mortero de cemento, en la cual la atmósfera se mantiene a una temperatura de ***23,0 ºC ± 2,0 ºC*** y a una humedad relativa igual o mayor del ***95 %.*** La forma de almacenamiento debe ser tal que permita mantener continuamente humedecida toda la superficie exterior de las probetas. También se la conoce como ***cámara húmeda***.

Cable: Conjunto de uno o más elementos de alambres, barras o cordones, que constituyen una unidad funcional, dispuesta de modo de introducir esfuerzos de pretensado en el hormigón.

Clase de hormigón: Es la designación abreviada de un hormigón. Se indica con la letra ***H*** seguida de un número. La parte numérica indica la ***resistencia a la compresión del hormigón a la edad de diseño***, expresada en MPa. Ejemplo: ***H-20***, ***H-30***, etc.

Control de calidad: Acciones que adopta un Productor o un Constructor para asegurar un control sobre la ejecución y suministro atinente a uno o varios procesos, para garantizar que cumpla con las especificaciones, normas de aplicación y prácticas correctas de ejecución.

Control de conformidad: Control que practica el Director de Obra o el Comitente con el objeto de verificar la conformidad con una especificación y valorar la aptitud de los materiales y las estructuras.

***Control de producción de hormigón elaborado*:** Control realizado en forma sistemática por el Productor, tanto sobre los materiales componentes como sobre el hormigón elaborado, con el fin de asegurar que la provisión de hormigón al usuario resulte conforme a su solicitud.

***Control de recepción de hormigón elaborado*:** Control realizado por el usuario sobre el hormigón provisto por el productor, con el objetivo de verificar su conformidad con respecto a la especificación y valorar su aptitud para ser incorporado a las estructuras. Los criterios relativos al muestreo y la aceptación o rechazo difieren según se trate de una provisión de hormigón elaborado procedente de una planta que opera el Modo 1 o Modo 2 de producción, de acuerdo con este Reglamento.

Curado del hormigón: El mantenimiento del contenido de humedad y de la temperatura en el hormigón, necesarios para el desarrollo de los procesos de hidratación del cemento y de las consecuentes propiedades deseadas en el hormigón endurecido. El curado es particularmente importante durante las primeras edades y en casos de condiciones climáticas extremas.

Curado normal: El que se realiza almacenando las probetas de ensayo en una cámara de curado húmedo o en una pileta con agua saturada de cal y temperatura similar a la de la cámara de curado húmedo.

D

Diseño: A los fines de este Reglamento se ha utilizado la palabra “diseño” como sinónimo de “proyecto”. El diseño incluye el planteo estructural, el dimensionamiento y los detalles de armado de las secciones y de los elementos estructurales.

Durabilidad: La capacidad de una dada estructura de hormigón, en sus condiciones específicas de exposición para cumplir con sus funciones previstas. Implica conservar las condiciones de resistencia y de servicio requeridas durante la vida útil especificada, siguiendo el plan de mantenimiento establecido.

E

Especialista: Profesionales encargados del estudio de cada especialidad y que son responsables directos de la tarea encomendada.

Estribo de columna o cerrado: Barra, alambre o malla soldada que abraza la armadura longitudinal de un elemento comprimido. Incluye a las barras o alambres continuos doblados en forma de círculo, rectángulo u otra forma poligonal sin esquinas entrantes.

Estribo, estribo de viga o estribo para corte: Armadura empleada para resistir esfuerzos de corte y de torsión en un elemento estructural. Por lo general se trata de barras, alambres o mallas de acero soldadas de alambres lisos o conformados, rectos o doblados en forma de L, de U o rectangular, ubicados perpendicularmente o en ángulo, con respecto a la armadura longitudinal. (El término ***estribo*** se aplica normalmente a la armadura transversal de elementos solicitados a flexión y el término ***estribo de columna*** o ***cerrado***, a los que están en elementos solicitados preponderantemente a compresión).

H

Hormigón: Mezcla homogénea compuesta por una pasta conformada principalmente por cemento y agua, con agregados gruesos y finos, que en estado fresco tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por el fraguado y el endurecimiento de la pasta cementicia, adquiere resistencia. Además de

estos componentes básicos, también puede contener aditivos químicos y/o adiciones minerales pulverulentas.
A los fines de este Reglamento se considera que el hormigón armado incluye al hormigón pretensado, pero por razones de practicidad se ha decidido que en el texto del Reglamento y en sus Comentarios se continúe haciendo mención a cada uno de ellos por separado.

Hormigón armado: Hormigón estructural con armadura de acero sin tensión previa, o con aceros de pretensado en igual o mayor cantidad que la mínima especificada por este Reglamento.

Hormigón elaborado: Hormigón dosificado por peso, en planta central y con controles de producción. El mismo es mezclado en planta central o en camión moto-hormigonero y es transportado, para ser entregado a pie de obra en estado fresco; con las propiedades y requerimientos convenidos con el cliente con anticipación. El cliente o usuario es quien define la calidad y propiedades del hormigón que se adecúen a planos y especificaciones de proyecto y condicionantes de obra.

Hormigón estructural: Todo hormigón utilizado con propósitos estructurales, incluyendo al hormigón simple y al hormigón armado (Se debe notar que de acuerdo con la aclaración que figura en la definición de hormigón armado, éste incluye al hormigón pretensado).

Hormigón prefabricado o premoldeado: Hormigón estructural colado en un lugar diferente al de su ubicación final en la estructura.

Hormigón pretensado: Hormigón estructural al que se le aplican esfuerzos internos a fin de reducir las potenciales tensiones de tracción en el hormigón, causadas por las cargas y acciones sobre las estructuras.

Hormigón simple: Hormigón estructural sin armadura o con menos armadura que la mínima especificada para el hormigón armado.

J

Junta de dilatación: Separación entre partes adyacentes de una estructura de hormigón, usualmente en un plano vertical y en una ubicación determinada de la estructura, de modo tal de interferir lo menos posible con el comportamiento de la estructura y al mismo tiempo permitir movimientos relativos en tres direcciones y evitar la formación de fisuras en otro lugar del hormigón. A través de este tipo de junta se puede interrumpir toda o parte de la armadura.

Junta de contracción: Muesca moldeada, aserrada o cincelada en una estructura de hormigón, para crear un plano de debilidad y regular la ubicación de la fisuración resultante de los cambios dimensionales de diferentes partes de la estructura.

L

Longitud de anclaje: Longitud de la armadura embebida en el hormigón, incluyendo los cordones de pretensado, que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño de dicha armadura en una sección crítica.

M

Módulo de elasticidad: Relación entre la tensión normal y la deformación específica correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión, por debajo del límite de proporcionalidad del material.

Módulo de finura del agregado: Coeficiente que se obtiene al dividir por 100, la suma de los porcentajes retenidos acumulados sobre cada uno de los tamices de la serie IRAM: 150 μm, 300 μm, 600 μm, 1,18 mm, 2,36 mm, 4,75 mm, 9,5 mm, 19,0 mm, 37,5 mm, 75 mm; determinado según

lo indica la norma IRAM 1505-2019- apartado 8.3.

P

Productor de hormigón elaborado: Persona física o jurídica que fabrica el hormigón elaborado.

R

Representante o responsable técnico del productor de hormigón elaborado: Profesional matriculado que representa al productor de hormigón elaborado.

Resistencia a la tracción por compresión diametral del hormigón (f_{ct}): Tensión que se obtiene al ensayar una probeta cilíndrica por compresión en un plano diametral, aplicando una carga hasta la rotura sobre toda la longitud de una generatriz. Se obtiene al ensayar una probeta de acuerdo con la norma IRAM 1658.

***Resistencia de diseño de una mezcla de hormigón*:** es la adoptada para diseñar una mezcla de hormigón, siendo función de la resistencia especificada, de las condiciones de elaboración y control previstos para la etapa de ejecución.

Resistencia efectiva: Resistencia del hormigón que se desarrolla en la estructura como consecuencia de las operaciones de colocación, compactación y curado utilizadas en la construcción. Habitualmente se obtiene al ensayar probetas cilíndricas moldeadas y curadas en el campo bajo similares condiciones a las de la estructura o extraídas directamente de la estructura luego del endurecimiento del hormigón. Sirve para poder tomar decisiones sobre cuándo se pueden remover los encofrados y apuntalamientos, cuándo se pueden aplicar cargas adicionales constructivas a la estructura o cuándo se puede poner en servicio la estructura.

Resistencia especificada a la compresión del hormigón (f'_c): es aquella que se establece en los documentos del proyecto. En este Reglamento se utiliza para definir la clase de hormigón. Su definición se basa en conceptos estadísticos y corresponde a un percentil de valores defectuosos igual al ***diez por ciento (10 %)*** de la población.

Resistencia especificada equivalente: es la resistencia efectiva a utilizar en la verificación analítica de una estructura en servicio, en reemplazo de la ***resistencia especificada a la compresión del hormigón*** (***f'_c***). Se la calcula a partir de los resultados de ensayos de testigos extraídos de la estructura a analizar.

Resistencia potencial: Resistencia que alcanza el hormigón en las condiciones normalizadas de compactación y curado. Se mide en probetas moldeadas, curadas y ensayadas en las condiciones establecidas en las normas IRAM 1524:2015 y 1534:2018.

S

Sellador de junta: Material compresible que se usa para evitar la entrada de agua o materiales extraños a través de una junta.

T

Tensión: Cociente entre la carga alcanzada en un momento determinado y el área de la sección transversal inicial de la probeta. Se define como fuerza por unidad de área.

Tensión de fluencia del acero: Tensión correspondiente al límite de fluencia del acero de la armadura. La tensión de fluencia se debe determinar mediante un ensayo a tracción, de acuerdo con las especificaciones aplicables del artículo 3.6.

V

Vaina para postesado: Conducto liso o corrugado que contiene al acero de pretensado en una construcción postesada.

Vida útil en servicio de una estructura: Período de tiempo a partir de la construcción, durante el cual la estructura debe mantener condiciones aceptables de seguridad, funcionalidad o aptitud de servicio y aspecto estético, sin gastos de mantenimiento no previstos.

Z

Zuncho en espiral: A los fines de este Reglamento se define como la armadura transversal continua en forma de hélice cilíndrica.

CAPÍTULO 2. ESPECIFICACIONES POR DURABILIDAD Y RESISTENCIA

2.0. SIMBOLOGÍA

a/c razón agua/cemento, en masa.

a/(c+x) razón agua/material cementicio, que tiene en cuenta la suma de las cantidades de cemento (***c***) y adición mineral activa (***x***), en masa.

f'_c resistencia especificada a compresión del hormigón, en MPa.

$f'_{cmín}$ resistencia mínima especificada por durabilidad, en MPa.

k coeficiente de permeabilidad del suelo, en m/s.

K_{ac} coeficiente de carbonatación acelerada.

R_{ef} recubrimiento efectivo.

R_{nom} recubrimiento nominal.

Δr recubrimiento adicional en función del control de ejecución.

2.1. REQUISITOS GENERALES

2.1.1. Este Reglamento es válido para hormigones:

- cuya masa por unidad de volumen se encuentre entre ***2000 kg/m³*** y ***2800 kg/m³***.
- constituidos por una mezcla homogénea de una pasta de material cementicio y agua, con agregados gruesos y finos, que en estado fresco tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por el fraguado y el endurecimiento de la pasta cementicia, adquiere resistencia. Además de estos componentes básicos, también puede contener aditivos químicos, pigmentos, fibras y/o adiciones minerales.

2.1.2. Los hormigones a utilizar en el Proyecto Estructural deben cumplir:

- los ***requisitos de durabilidad*** establecidos en el artículo 2.2.

C 2.1. REQUISITOS GENERALES

C 2.1.1. Este Reglamento representa una actualización del ***CIRSOC 201-2005 "Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón"*** en lo relacionado con la Tecnología del Hormigón.

Este Reglamento ***no incluye a las estructuras*** que estarán ***sometidas a condiciones muy severas de exposición*** como ácidos o muy altas temperaturas, pero ***si incluye*** el ataque ácido de origen biogénico que se produce en las instalaciones para líquidos cloacales. Tampoco tiene especificaciones para estructuras donde los aspectos estéticos (por ejemplo, textura) sean prioritarios. Estas situaciones y otras similares deben ser objeto de especificaciones particulares a incluir en los Documentos del Proyecto.

C 2.1.2. En coincidencia con otros códigos de referencia del ámbito internacional los aspectos vinculados con la vida útil especificada en el Proyecto Estructural deben ser considerados como acciones que actúan sobre la estructura. En consecuencia, deben ser tenidos en cuenta desde el inicio del diseño de la estructura.

- los ***requisitos de resistencia*** establecidos en el artículo 2.3.

- los ***requisitos especiales*** establecidos en el artículo 9.8.

2.1.3. Este Reglamento exige que se adopten las resistencias y las razones ***agua/cemento*** (***a/c***) ***y/o agua/material cementicio*** (***a/(c+x)***) que resulten ***más restrictivas*** entre las establecidas por ***durabilidad*** (***Tabla 2.5***), por ***resistencia*** (***Tabla 2.8***) y por ***requisitos especiales*** (***Tabla 9.3***).

C 2.1.3. Al hablar ***de cemento se entiende cualquiera de los previstos en las normas IRAM 50000-2017 y su modificación 2021 y en la norma IRAM 50002-2009 y su modificación 2017***

2.1.4. Cuando se agrega una adición mineral en obra, la ***razón a/(c+x)*** se calculará solamente considerando las adiciones minerales activas (IRAM 1667-2016; IRAM 1668-2015 y ASTM C 1240:2020).

2.1.5. A los efectos de minimizar la fisuración y prevenir las tensiones térmicas excesivas en hormigones masivos, el contenido de material cementicio, incluyendo al cemento y las adiciones minerales deberá ser igual o menor que ***465 kg/m³***, con excepción de aquellas prescripciones indicadas por los Reglamentos específicos para las estructuras o elementos estructurales proyectados**.**

C 2.1.5. Cuando se emplean contenidos elevados de cemento, es necesario adoptar medidas adicionales que minimicen la fisuración y prevengan las tensiones térmicas excesivas. En este sentido, la AASHTO-LRFD 2017 y el CIRSOC 802-19 especifican en el artículo 5.4.2.1 un contenido máximo de cemento de ***465 kg/m³*** El ACI 543-12 para pilotes de hormigón en el artículo 6.1.5.2 limita el contenido de cemento a ***445 kg/m³***, el ACI 357-84 en el artículo 2.8.2 a ***415 kg/m³***, por mencionar algunos códigos.

2.2. REQUISITOS POR DURABILIDAD

C 2.2. REQUISITOS POR DURABILIDAD

2.2.1. Requisitos generales

C 2.2.1. Requisitos generales

2.2.1.1. El ***ambiente en contacto con la estructura*** puede ocasionar acciones de naturaleza química, física y/o físico-química que ***degraden la estructura por efectos diferentes a los de las cargas consideradas en el Proyecto Estructural***. Según sea la magnitud de dicha degradación y la velocidad con que se produzca, la estructura puede perder, parcial o totalmente, la aptitud para cumplir la función para la cual fue construida.

2.2.1.2. El diseño de las estructuras y la especificación del hormigón de la estructura y sus materiales componentes deben tener en cuenta las ***acciones del ambiente, los procesos de degradación de los materiales a utilizar en la estructura y la vida útil en servicio requerida por el Comitente***.

C 2.2.1.2. ***La vida útil de Proyecto o Diseño, en años, debe ser fijada por el Propietario de la obra antes del inicio del Proyecto Estructural.***

2.2.1.3. Para cada ambiente de exposición, este Reglamento establece los ***requisitos básicos, de cumplimiento obligatorio con independencia de la vida útil especificada en el Proyecto, y los requisitos***

C 2.2.1.3. En el Reglamento CIRSOC 201-2005 se asumía una ***vida útil en servicio de 50 años;*** sin embargo, este valor depende de las condiciones en servicio.

complementarios que dependen de la vida útil del Proyecto Estructural.

Los ***requisitos básicos*** se indican en los artículos 2.2.2 a 2.2.9, 2.2.10.1/4, 2.2.11, 2.2.12, 2.2.13.1/4, 2.2.14.1, 2.2.15, 2.2.16 y en la ***Tabla 2.5***.

Los ***requisitos complementarios*** dependen de la vida útil especificada para el Proyecto Estructural y se indican en los artículos 2.2.10.5/8, 2.2.13.5/8 y 2.2.14.2/4.

Los requisitos básicos son válidos para estructuras de hormigón expuesto y no pueden modificarse cuando se agregue una protección superficial adicional al elemento estructural. Esto es válido aún en el caso de que la protección superficial adicional corresponda a un requisito complementario.

2.2.1.4. Los Documentos del Proyecto deberán especificar la vida útil de diseño/proyecto y los requerimientos básicos y complementarios necesarios para lograrla.

2.2.1.5. Cuando ello sea necesario por un requisito complementario, se deberán utilizar ***modelos de predicción debidamente justificados*** para determinar la vida útil de diseño/proyecto de la estructura sometida a las condiciones de exposición previstas en el Proyecto.

2.2.1.6. Las características de los materiales que inciden en la vida útil en servicio para las condiciones de agresividad del medio ambiente, se deberán verificar al menos una vez cada seis meses, durante el período de ejecución de la obra. Los ensayos se realizarán sobre muestras extraídas en planta hormigonera y bajo la supervisión del Director de Obra. Como mínimo se realizarán las siguientes determinaciones:

- Verificar que las adiciones minerales incorporadas en la obra cumplen los requisitos de las normas (IRAM 1667-2016; IRAM 1668-2015 y ASTM C 1240:2020).
- Verificar que el material cementicio cumple con lo especificado en el artículo 2.2.9 cuando se deba prevenir la agresión por sulfatos.
- Verificar que la combinación de los materiales propuestos para la obra (cemento, adiciones minerales activas, cuando corresponda, y los agregados) cumple lo indicado en el artículo 2.2.16, cuando se deba prevenir la reacción álcali-sílice (RAS).
- Verificar que los agregados que provengan de canteras de rocas basálticas cumplen con lo especificado en el artículo 3.2.2.3.

La posibilidad de proyectar para ***vida útil en servicio menor a 50 años*** ha sido prevista en este Reglamento exclusivamente para obras temporarias o para explotaciones mineras que, por su naturaleza, tengan un período de actividad reducido.

2.2.2. Requisitos del Proyecto Estructural

2.2.2.1. El Proyecto Estructural debe establecer una ***estrategia de diseño*** que garantice, al finalizar su vida útil en servicio, que la estructura posea la seguridad, la aptitud en servicio y las condiciones estéticas exigidas por este Reglamento y por el Comitente. Dicha estrategia puede incluir trabajos de observación y auscultación y operaciones de mantenimiento periódicos. El Proyecto debe prever las facilidades para realizar dichas tareas, que además deben estar claramente explicitadas en los Documentos del Proyecto.

2.2.2.2. Antes de comenzar el Proyecto de la Estructura se debe ***identificar el tipo de medio ambiente*** que define la clase de exposición a la que va a estar sometido cada conjunto de elementos estructurales.

2.2.2.3. Los Documentos del Proyecto Estructural deben indicar:

- el ***tipo de ambiente*** al que estará expuesto cada conjunto de elementos que componen la estructura, de acuerdo con lo indicado en el artículo 2.2.4.
- la ***vida útil de diseño/proyecto***.
- la ***estrategia de diseño y mantenimiento*** para dar cumplimiento a lo indicado en los artículos 2.2.1.2 y 2.2.2.1.
- el ***tipo de hormigón*** a utilizar en los distintos elementos estructurales, con la siguiente información: ***Clase de resistencia del hormigón*** y ***Clase de exposición*** (por ejemplo, H-25 / A2). La clase de hormigón especificada debe respetar los mínimos establecidos para el tipo de exposición correspondiente al elemento, de acuerdo con la ***Tabla 2.5***.
- ***protecciones superficiales***, cuando correspondan, según lo indicado en el artículo 2.2.11.

2.2.2.4. Además de las exigencias anteriores, ***para lograr la vida útil definida en el Proyecto*** se deben cumplir las siguientes condiciones:

- respetar los ***recubrimientos mínimos de armaduras*** que se establecen en los artículos 2.2.13, 2.2.14 y 8.3.
- diseñar ***armaduras que controlen la fisuración*** de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 8.

C 2.2.2. Requisitos del Proyecto Estructural

C 2.2.2.1. Este Reglamento requiere que los documentos del Proyecto incluyan un ***Manual de mantenimiento de la estructura***. En él se debe establecer, según corresponda, la secuencia y modalidad de las inspecciones y las operaciones a realizar para evitar la degradación de la estructura o asegurar que la misma se produzca con una velocidad que no afecte la resistencia ni la aptitud en servicio durante su vida útil de diseño/proyecto.

C 2.2.2.4. El control de la fisuración tiene distintos tratamientos en los Códigos de referencia. El Reglamento CIRSOC 201-2005 y el Código ACI 318 requieren el control de deformaciones como un medio para limitar el ancho de fisuras debido a la incidencia de estas últimas en la corrosión de las armaduras de acero; pero no establecen anchos máximos de fisuras admisibles. Por el contrario, en los códigos europeos se limitan explícitamente las fisuras. Por otra parte, indican claramente que la fisuración del hormigón reduce la vida útil en servicio por corrosión del acero. El fenómeno es

- ***utilizar diseños geométricos*** que minimicen la turbulencia de los fluidos en movimiento, cuando corresponda.

- ***utilizar diseños geométricos*** que permitan la rápida evacuación del agua de lluvia y el uso de goterones que minimicen la escorrentía de aguas por las superficies del hormigón.

- ***evitar los diseños geométricos con aristas vivas*** en los elementos estructurales que estarán sometidos a acciones de congelamiento y deshielo, agresividad química fuerte o muy fuerte y corrosión de armaduras.

- explicitar, para la vida útil en servicio, un ***plan de inspecciones sistemáticas*** destinadas al reconocimiento temprano de daños o indicios de daños y su oportuna reparación.

especialmente importante en el caso de exposición a ambiente marino, sin perjuicio de que también se deba cuidar en otras clases de exposición. En nuestro medio, es habitual que en obras de infraestructura se requiera control de fisuración. En este Reglamento, se ha optado por limitar la fisuración según se indica en el ***Capítulo 8***.

2.2.3. Requisitos de ejecución

Complementando las indicaciones establecidas en el artículo 2.2.2, durante la construcción de la estructura se debe cumplir con las siguientes condiciones ***para asegurar la vida útil en servicio***:

- ***seleccionar los materiales*** según lo establecido en el Capítulo 3.

- ***determinar las proporciones de las mezclas*** según lo establecido en el artículo 4.2.

- ***producir y colocar en obra el hormigón en forma adecuada***, según lo establecido en los artículos 4.3. a 4.7. inclusive.

- ***proteger y curar al hormigón en forma adecuada***, según lo establecido en el artículo 4.10.

C 2.2.3. Requisitos de ejecución

Las disposiciones adoptadas en el diseño de la estructura (formas geométricas, recubrimientos, especificación de materiales y tipo de hormigón) no son suficientes para asegurar la vida útil en servicio de la estructura. Ellas deben ser complementadas con una realización correcta de la elección de los materiales, la elaboración y puesta en obra del hormigón y el curado de la estructura construida. Esta última operación es de muy especial importancia, teniendo en cuenta que la porosidad y la permeabilidad del hormigón del recubrimiento dependen de la eficiencia del curado, y que aquellas propiedades influyen decisivamente en los procesos de corrosión de las armaduras y otros mecanismos de degradación del hormigón.

2.2.4. Clasificación del medio ambiente

2.2.4.1. En las ***Tablas 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4***, se especifican los ***tipos de ambientes*** o las ***clases de exposición*** para los cuales se establecen las medidas preventivas de protección.

La clasificación está referida a las condiciones establecidas en el artículo 2.2.1.3 (estructuras de hormigón expuesto), salvo que expresamente se indique lo contrario.

C 2.2.4. Clasificación del medio ambiente

C 2.2.4.1. Se ha optado por reunir en dos tablas a los ambientes naturales en los que puede estar emplazado un proyecto. Este criterio es el adoptado en códigos de referencia y ha sido utilizado en el ***Reglamento CIRSOC 201-2005.*** Asimismo, es coherente con lo expresado en el comentario al artículo C 2.1.2, en el cual se considera al medio ambiente como una acción sobre la estructura que debe ser identificada para luego establecer los criterios de protección correspondientes.

En la ***Tabla 2.1*** se indican las clases de exposición generales que producen degradación de las estructuras por corrosión de armaduras. La Tabla comienza por la exposición A1

correspondiente a un medio no agresivo y luego se presentan distintas variantes de medios agresivos.

La ***Tabla 2.2*** comprende los ambientes con clases de exposición específicas, que producen la degradación de la estructura por fenómenos distintos de la corrosión de armaduras. Incluye acciones de congelación y deshielo, y el ataque químico por sustancias contenidas en los suelos y aguas de contacto con la estructura.

La división de los ambientes en las dos tablas no indica ningún tipo de prelación. Una estructura, o conjunto de elementos estructurales, podrá estar sometida a una clase de exposición general que produce corrosión de armaduras (***Tabla 2.1***) y a ninguna o a una clase de exposición específica que pueden producir degradación del hormigón (***Tabla 2.2***).

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras.

Desig	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos típicos de estructuras con esta clase de exposición
A1	Ambiente seco o permanente sumergido		Carbonatación sin corrosión	Ambientes rurales con climas desérticos. Exteriores de edificios revestidos, interiores de edificios expuestos al aire con ***HR < 65%,*** elementos enterrados en suelos permanentemente húmedos o sumergidos, hormigón masivo interior.	Tabiques, columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que reducen la difusión del CO_2. Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente.
A2	Ambientes húmedos excepcionalmente seco.		Corrosión por carbonatación	Interiores de edificios expuestos al aire con ***HR ≥ 65%*** o a condensaciones Estructuras exteriores no expuestas a la lluvia.	Exteriores de edificios y estructuras industriales protegidos de las lluvias. Interiores de edificios con humedad del aire alta o media. Sótanos no ventilados.
A3	Ambientes expuestos a ciclos de mojado y secado		Corrosión por carbonatación	Estructuras exteriores frecuentemente expuestas a las lluvias.	Elementos exteriores de estructuras de edificios, no revestidos, expuestos a las lluvias. Pavimentos armados. Elementos de estructuras para estacionamientos. Tableros y pilas de puentes. Túneles y pasos bajo nivel.
CL1	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	Superficies expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales	Fundaciones en contacto con aguas subterráneas Elementos de puentes
CL2	Expuesto a emanacio-nes de gas Cl_2			Superficies expuestas a emanaciones de gas cloro	Cubierta de piletas de natación. Cubierta de cisternas no ventiladas y cámaras de cloración en plantas de tratamiento de aguas.
M1	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	A más de 1 km de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales **(*)**.	Construcciones alejadas de la costa, pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas.
M2		Al aire	Corrosión por cloruros	A menos de 1 km de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales	Construcciones próximas a la costa.
		Sumergidos	Corrosión por cloruros	Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.	Estructuras de defensas costeras Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar
M3		Sumergidos	Corrosión por cloruros	En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar	Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios

(*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando provienen del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Provincia de Buenos Aires, varía entre ***1 km y 10 km.*** En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.

Tabla 2.2. Clases de exposición específicas que pueden producir degradación en el hormigón distinta de la corrosión de armaduras.

Desig	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos típicos de estructuras con estas clases de exposición
C1	Congelación y deshielo	Sin sales desconge-lantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media superior al ***75%,*** y con más de ***5 nevadas anuales*** o ***dos meses*** de invierno con temperatura mínima media inferior a ***0°C***	Superficies expues-tas a la lluvia o a atmósferas húme-das. Estructuras que contienen agua o la conducen.
C2		Con sales desconge-lantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o dos meses de invierno con temperatura mínima media inferior a ***0°C***	Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes.
Q1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (***Tablas 2.3 y 2.4***). Exposición al agua de mar	
Q2		Fuerte		Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (***Tablas 2.3 y 2.4***).	
Q3		Muy fuerte		Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (***Tablas 2.3 y 2.4***).	
Q4		Muy fuerte		Estructuras destinadas a la conducción y/o tratamiento de líquidos cloacales que trabajan a pelo libre.	Conductos cloacales y cámaras en plantas de tratamiento

Tabla 2.3. Valores límites de sustancias agresivas en aguas de contacto.

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO_4^{2-})	Magnesio (Mg^{2+})	pH	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO_2^{2-})	Amonio (NH_4^+)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	mg/litro	mg/litro	----	mg/litro	mg/litro
Moderado	150 a 1500	300 a 1000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 30
Fuerte	1500 a 10000	1000 a 3000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy fuerte	Mayor de 10000	Mayor de 3000	Menor de 4,5	Mayor de 100	Mayor de 60

(1); (2); (3) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1872:2004.
(4) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1708:1998.

Tabla 2.4. Valores límites de sustancias agresivas en suelos de contacto.

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO_4^{2-}) (1)	Grado de acidez Baumann – Gully modificado (2)
	% en masa	Nº
Moderado	0,10 a 0,20	Mayor de 20
Fuerte	0,20 a 2,00	----
Muy fuerte	Mayor de 2,00	-----

(1) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1873:2004. Rev.2010
(2) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1707-1:1998. Rev.2010

2.2.4.2. Se deben realizar estudios especiales para evaluar la agresividad y las medidas protectoras a incluir en el Proyecto o Diseño Estructural cuando las acciones del medio ambiente excedan el marco de las indicadas en las Tablas mencionadas en el artículo anterior.

C 2.2.4.2. Esto es de aplicación para los casos no incluidos en las ***Tablas 2.1 y 2.2*** y sus complementarias, ***Tablas 2.3 y 2.4***, y para aquellos que, si bien están incluidos, su complejidad no permite establecer en este Reglamento las correspondientes medidas preventivas de protección.

2.2.4.3. Cuando ***una estructura posea elementos estructurales sometidos a diferentes clases de exposición***, el Proyectista o Diseñador Estructural deberá agrupar los elementos estructurales que presenten condiciones similares de exposición y adoptar las medidas de protección que correspondan a cada grupo de elementos estructurales.

2.2.4.4. En el caso que una estructura o grupo de elementos estructurales esté expuesto a más de una de las clases de exposición tipificadas en las ***Tablas 2.1 a 2.2,*** en los Documentos del Proyecto se indicarán todas esas exposiciones separadas por un ***signo "+".***

2.2.5. Sustancias agresivas al hormigón contenidas en aguas y suelos en contacto con las estructuras

En las ***Tablas 2.3 y 2.4*** se clasifica el ***grado de ataque para el caso de aguas y suelos*** que contengan diferentes sustancias químicas agresivas que se pueden encontrar en contacto con las estructuras de hormigón. Dichas Tablas se deben aplicar con los siguientes criterios:

a) El ***grado de ataque debido a aguas agresivas*** se debe determinar de acuerdo con la ***Tabla 2.3***, con las siguientes aclaraciones:

- La ***Tabla 2.3*** es válida para ***ambientes de exposición*** (en contacto con la estructura), con temperaturas moderadas (medias anuales iguales o menores que ***25 ºC***) y aguas estacionarias o que se mueven lentamente (velocidad igual o menor que ***0,8 m/s***).

- Si el agua contiene una ***única sustancia agresiva***, ella determina el grado de ataque.

- Si el agua contiene ***dos*** **(2)** o ***más sustancias agresivas***, el grado de ataque será determinado para la concentración más severa de los agentes agresivos presentes. Si todas las concentraciones corresponden a un mismo grado de ataque, con valores que están dentro del cuarto superior del intervalo y en el caso del pH en el cuarto inferior del intervalo, se debe aumentar el grado de agresión al inmediato superior. Este incremento ***no se debe aplicar al agua de mar.***

- La agresión química del agua de mar en contacto con la estructura se debe equiparar al grado de ataque moderado de la ***Tabla 2.3.***

b) El ***grado de ataque del suelo de contacto*** se debe determinar de acuerdo con la ***Tabla 2.4***, con las siguientes aclaraciones:

- La ***Tabla 2.4*** es válida para estructuras en contacto con suelos saturados de agua en forma frecuente o permanente.

- En suelos de baja permeabilidad al agua, con ***k*** menor de 10^{-5} ***m/s***, el grado de ataque se puede reducir al grado inmediato anterior.

c) El ***grado de ataque,*** a tener en cuenta en el Proyecto Estructural, es el máximo nivel que resulte de los puntos precedentes a) y b).

C 2.2.5. Sustancias agresivas al hormigón contenidas en aguas y suelos en contacto con las estructuras

En el ***Anexo A2-3*** se incluye una Tabla referida a la agresividad de las distintas sustancias químicas.

Si las condiciones difieren de las indicadas en la ***Tabla 2.3*** el caso deberá ser analizado por el Proyectista Estructural.

2.2.6. Medio ambiente agresivo

Cuando el ***medio ambiente sea agresivo*** según el artículo 2.2.5, el hormigón debe cumplir con los requisitos de la ***Tabla 2.5*** y con lo establecido en los artículos 2.2.7 a 2.2.17 que correspondan y en el Capítulo 8 cuando sea de aplicación.

Tabla 2.5. Requisitos de durabilidad para el hormigón de la estructura en función de la clase de exposición.

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1 y 2.2 y sus complementarias 2.3 y 2.4.										
	A1	A2	A3	M1	CL1 M2	CL2 (3) M3	C1 (2)	C2 (2)	Q1	Q2	Q3 (3) Q4 (3)
a) Razón a/c máxima (1)											
Hormigón simple	---	---	---	---	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado (4)	0,60	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado (4)	0,60	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{cmín}$ (MPa)											
Hormigón simple	---	---	---	---	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45

(1) Cuando se use cemento portland más una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora se podrá reemplazar la razón agua/cemento (a/c) por la razón ***agua/material cementicio [a/(c+x)]*** que tenga en cuenta la suma del cemento (c) y la cantidad de la adición mineral activa (x) cuando se trate de puzolanas (IRAM 1668:1968. Rev.2015); de escorias (IRAM 1667:1990. Rev.2016); o humo de sílice (ASTM C1240).

(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la ***Tabla 4.3.***

(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura con una protección superficial adicional de eficacia comprobada. Ver también el artículo 2.2.9.1.c3) o los artículos 2.2.10.6.b) y 2.2.11.

(4) Cuando corresponda, el hormigón debe cumplir con el coeficiente de succión capilar y/o penetración de agua establecidos en el artículo 2.2.15.

2.2.7. Contenido máximo de sulfatos en los agregados componentes del hormigón

Los ***contenidos máximos de sulfatos solubles en agua***, admitidos en los agregados componentes del hormigón deben cumplir con lo establecido en la ***Tablas 3.4 y 3.6.***

2.2.8. Contenidos máximos de cloruros en el hormigón

Los ***contenidos máximos de cloruros solubles en agua***, en el hormigón endurecido, aportados por todos los materiales componentes, incluyendo los aditivos y eventualmente las adiciones minerales, deben ser iguales o menores que los límites fijados en la ***Tabla 2.6***. Asimismo, el hormigón debe cumplir los requisitos que se establecen en la ***Tabla 2.5***.

El ***contenido de cloruros en el hormigón endurecido*** se debe determinar a una edad comprendida entre ***28*** y

C 2.2.8. Contenidos máximos de cloruros en el hormigón

La estimación preliminar de los cloruros a partir del contenido de cada material constituyente del hormigón no sustituye la determinación de los cloruros solubles en agua según la norma IRAM 1857-2000. El valor estimado de cloruros es diferente al contenido obtenido con el método de la citada norma, ya que los cloruros solubles en agua no tienen en cuenta los cloruros que se fijan en el proceso de hidratación del cemento. La diferencia depende del contenido y tipo de cemento utilizado, por lo que no se puede

45 días, utilizando el método de la norma IRAM 1857-2000. Para esta determinación, se utilizan probetas cilíndricas, preparadas y curadas de acuerdo con la IRAM 1524-2015 o IRAM 1534-2018, según corresponda. Estas probetas deben ser almacenadas dentro de bolsas plásticas herméticamente cerradas a ***20 ± 1 ºC*** hasta la edad de ensayo.

En estudios preliminares se puede estimar el contenido total de cloruros que tendrá el hormigón endurecido, como sumatoria del aporte de sus materiales componentes. Si el valor estimado es menor que los límites indicados en la ***Tabla 2.6***, el contenido de cloruros del hormigón endurecido será admisible.

Para las clases de exposición ***Q1; Q2; Q3 y Q4*** que además contengan cloruros en las soluciones o suelos de exposición, el contenido máximo de cloruros del hormigón endurecido de la ***Tabla 2.6***, se debe reducir a ***0,15***.

indicar una equivalencia generalizada.

Tabla 2.6. Contenido máximo de ion cloruro solubles en agua en el hormigón endurecido.

Hormigón	Clase de exposición	Contenidos máximos de ion cloruro (Cl^-) en el hormigón endurecido (IRAM 1857-2000)
		% en masa del cemento
Sin armar	Cualquier clase	1,20
Armado, con curado normal	CL1; CL2; M1; M2; M3; C2	0,15
	A1; A2; A3; C1; Q1; Q2; Q3; Q4	0,30
Armado, con curado a vapor	Cualquier clase	0,10
Pretensado	Cualquier clase	0,06

2.2.9. Agresividad por sulfatos

Cuando la agresividad del ambiente se origine por el ***contenido de sulfatos*** además de cumplir con lo establecido en los artículos 2.2.6, 2.2.7 y Capítulo 8, el hormigón debe ser elaborado con el ***tipo de cemento*** que se establece a continuación:

2.2.9.1. Grado de ataque moderado:

a.1 ***Cemento moderadamente resistente a los sulfatos*** (IRAM 50001-2017 y su modificación 2020-***Tabla 4***)
Además, los cementos CPF y CPC deberán tener una ***expansión*** menor o igual que ***0,10%*** a los ***6 meses***, ensayados según la norma IRAM 1635:2009.

C 2.2.9. Agresividad por sulfatos

Este Reglamento exige que los materiales cementicios resistentes a los sulfatos deben tener una expansión máxima al ser ensayados de acuerdo con las especificaciones de la norma IRAM 1635:2009. Esta exigencia se basa en los antecedentes de las Norma ASTM C1012-2004, las exigencias del Código ACI 318-19 y las recomendaciones del documento ACI 201.2R-16 "Guide to Durable Concrete".

Este requisito surgió durante la discusión pública del Reglamento CIRSOC 201-2005, como una necesidad de los consumidores y de algunos laboratorios representantes de los intereses generales de la sociedad, de poder verificar las características sulfato-resistente del cemento.

a.2 ***Cemento portland normal* (CPN) *más una adición mineral activa incorporada en obra***.
Estos materiales, ensayados según la norma IRAM 1635:2009, deben tener una ***expansión*** menor o igual que ***0,10%*** a los ***6 meses***.

2.2.9.2. Grado de ataque fuerte:

b.1 ***Cemento altamente resistente a los sulfatos*** (IRAM 50001-2017 y su modificación 2020-***Tabla 3***).

b.2 ***Cemento portland normal* (CPN) *más una adición mineral activa incorporada en obra***.

Los materiales cementicios de la solución **b.2**, ensayados según la norma IRAM 1635:2009, deben tener una ***expansión*** menor o igual a ***0,05%* a los 6 meses**; en caso de fallar este límite, la expansión deberá ser menor o igual a ***0,10%* a 1 año**.

Este requisito ***no será de aplicación*** cuando se utilice como material cementicio una combinación de cemento CPN según alguna de las siguientes alternativas:

- **CPN** (**IRAM 50000-**2017 y su modificación 2021) y más de ***50%*** de escoria granulada de alto horno (IRAM 1667-2016) en masa, calculado el porcentaje como la masa total del material cementicio.

- **CPN-MRS** (**IRAM 50001-**2017 y su modificación 2020) y más ***25%*** de puzolana o cenizas volantes silíceas (IRAM 1668-2015) en masa. La mezcla de CPN+puzolana o ceniza volante debe cumplir a los 8 días con el ensayo de puzolanicidad de la norma IRAM 1651- 2003

- **CPN-MRS** (**IRAM 50001**) y más de ***8%*** de humo de sílice (ASTM 1240) en masa, calculado el porcentaje como la masa total del material cementicio.

2.2.9.3. Grado de ataque muy fuerte:

c.1 ***Cemento CPP o CAH altamente resistente a los sulfatos*** (***IRAM 50001***-2017 y su modificación 2020 -Tabla 3). El ***contenido de cemento del hormigón*** será igual o mayor que ***380 kg/m³***.

c.2 ***CPN altamente resistente a los sulfatos*** (**CPN-ARS**-***IRAM 50001***-2017 y su modificación 2020-***Tabla 3***) utilizado conjuntamente con una adición mineral activa agregada en obra. La proporción de puzolana o ceniza volante silícica (IRAM 1668) debe ser mayor a ***25%*** en masa de material cementicio, mientras que la proporción de escoria granulada de alto horno (IRAM 1667-2016) debe ser mayor a ***50%*** en masa de material cementicio.

Sin perjuicio de la anterior, se hace notar que el ensayo propuesto en la norma IRAM 1635:2009 demanda un año para su ejecución, por lo que este Reglamento recomienda que su aplicación sea planteada dentro del sistema de calidad de las plantas productoras de cemento. A su vez, los consumidores disponen de una herramienta para plantear condiciones de auditoría en sus contratos de provisión del suministro.

Asimismo, este Reglamento exime del cumplimiento de la norma IRAM 1635:2009 a los cementos CPN que tengan menos de ***5%*** de adiciones minerales. En estos casos, el ensayo físico de expansión según la mencionada norma IRAM fue reemplazado por exigencias de contenidos máximos de aluminato tricálcico, aluminoferrito tetracálcico, y/o aluminoferrito tetracálcico + ferrito dicálcico, según corresponda, basadas en la composición potencial según Bogue. A este respecto se deben plantear algunas aclaraciones.

En un planteo riguroso, la presencia de adiciones minerales invalida la aplicación de las fórmulas de Bogue. No obstante, el error que se comete con su aplicación cuando se utiliza cemento CPN con menos de ***5%*** de adición no es significativo para la durabilidad de la estructura siempre que se cumplan todos los demás requisitos establecidos en este Reglamento.

Las adiciones minerales activas que reducen el ataque de sulfatos y prolongan la vida útil en servicio de las estructuras en ambientes agresivos pueden hacerlo básicamente por dos mecanismos. En el caso de las puzolanas consumen el $Ca(OH)_2$ liberado durante la hidratación del cemento portland para generar C-S-H, producen el refinamiento del tamaño de poros, y mitigan la formación de ettringita y yeso en la pasta de cemento. Por esta razón se exige que cumpla la condición de puzolanicidad o ensayo de Frattini a 8 días para una proporción del ***25%*** como establece la norma IRAM 50000-2017 y su modificación 2021. Para el caso de la escoria granulada de alto horno que contiene calcio en su estructura, la protección es debida fundamentalmente a la reducción de la porosidad de la estructura, y es necesario un porcentaje mayor de adición, o en caso contario la limitación del contenido de Al_2O_3 en la escoria.

El filler calcáreo no es una adición activa y por esta razón se limita en este tipo de ambientes. Los cementos CPF (***Filler calcáreo*** $5 < F < 25\%$) o los CPC ($6 < F+E$ o $F+P < 35$) debido al potencial contenido de filler calcáreo utilizado no son aconsejables en ambientes químicos de media o baja agresividad. Su deterioro en el tiempo se debe a que un elevado contenido de

El contenido de material cementicio del hormigón será igual o mayor que ***380 kg/m³***.

c.3 ***Cemento portland altamente resistente a los sulfatos*** (**CPN ARS**-IRAM 50001-***Tabla 3***) y una protección exterior capaz de resistir la agresión. El contenido de cemento del hormigón será igual o mayor que ***350 kg/m³***.

Los materiales cementicios de la solución **c.2**, ensayados según la norma IRAM 1635:2009, deben tener una ***expansión*** menor o igual a ***0,05%* a los 6 meses**; en caso de fallar este límite, la expansión deberá ser menor o igual a ***0,10%* a 1 año**. Esta condición debe ser verificada al comienzo de la obra y cada vez que se modifique la composición del material cementicio y/o se cambie de proveedor. En controles de calidad posteriores será suficiente con verificar la constancia y el cumplimiento del límite a seis meses.

2.2.9.4. Ataque de sulfatos en presencia de cloruros (agua de mar y equivalentes) - grado de ataque moderado:

Cuando el hormigón esté sometido a la acción del agua de mar (ambiente marino), o a la acción de aguas con contenidos de sulfatos y cloruros equivalentes a las del agua de mar, pero provenientes de ambiente no marino, se deberán utilizar materiales cementicios que cumplan con las especificaciones del artículo 2.2.9.1, excluyendo los cementos CPF y CPC.

filler ***(>10%)*** produce un aumento de la penetración de iones agresivos ya que la nula o baja proporción de adición activa no alcanza a consumir el $Ca(OH)_2$ y refinar los poros.

Lo expresado anteriormente puede no ser válido en los ambientes M2, donde se requiera cemento MRS. En estos casos, la presencia de escoria puede no ser significativa para afectar la capacidad sulfato resistente, pero si reducir el ligamiento de los iones cloruro y consecuentemente aumentar la velocidad de corrosión de las armaduras. En estos casos se requiere especial atención del Director del Proyecto.

Además de lo indicado en este Reglamento, se recomienda prestar atención a lo siguiente:

- Cuando el medio en contacto con las estructuras tenga, simultáneamente, un elevado contenido de sulfatos y de cloruros, puede no ser conveniente utilizar cemento con muy bajo contenido de aluminato tricálcico. En estos casos se aconseja realizar estudios especiales.

- Cuando el medio en contacto con las estructuras tenga simultáneamente el contenido de sulfatos y de magnesio correspondiente a agresividad fuerte o muy fuerte, puede no ser conveniente utilizar cemento con elevado contenido de adiciones minerales activas. En este caso se aconseja realizar estudios especiales.
- Se aconseja proteger las superficies expuestas a ciclos de mojado con soluciones concentradas de sulfatos y posterior secado, en aire o en suelos muy permeables que faciliten la evaporación del agua, utilizando una membrana exterior.

- En climas fríos, con temperaturas inferiores a ***5°C*** y en contacto con sulfatos, no se recomienda el uso de cemento con filler calcáreo o agregados calcáreos.

2.2.10. Agresividad por ácido biogénico

2.2.10.1. Este apartado se refiere a casos donde la agresividad se origine por ataque de ácido biogénico en las estructuras destinadas a la conducción y/o tratamiento de líquidos cloacales, no ventiladas, que trabajan a pelo libre.

2.2.10.2. El contenido de material cementicio del hormigón será igual o mayor que ***380 kg/m³.***

2.2.10.3. Se deberá cumplir con lo establecido en la ***Tabla 2.5*** para clase de exposición ***Q4.***

C 2.2.10. Agresividad por ácido biogénico

2.2.10.4. A los efectos de cumplimentar lo establecido en el artículo 2.2.1 se deberá demostrar que, con los ***requisitos básicos*** establecidos en la ***Tabla 2.5*** y con los recubrimientos establecidos en el Capítulo 8, cuando corresponda, se satisface la vida útil definida en el Proyecto Estructural. A tal efecto se deberán utilizar modelos de predicción debidamente justificados.

C 2.2.10.4. En caso de que no sea posible utilizar modelos de predicción, se recomienda que el Director del Proyecto evalúe la aplicación de algunas de las medidas complementarias indicadas en el artículo 2.2.10.6 y debidamente avaladas por experiencias en servicio previas.

2.2.10.5. Si los modelos de predicción demuestran que con los requerimientos básicos para el hormigón y con los recubrimientos establecidos en el Capítulo 8 no se alcanza la vida útil especificada para el Proyecto Estructural, se deberán adoptar requisitos complementarios.

2.2.10.6. Para este tipo de agresión al hormigón, se entiende por requisitos complementarios a las siguientes medidas:

a) Aplicación de un espesor de recubrimiento de sacrificio. Se debe calcular mediante un modelo de predicción debidamente justificado. El espesor de sacrificio puede resultar superior o inferior al recubrimiento establecido en el Capítulo 8, siendo de aplicación el de mayor valor (sin superar ***100 mm***). ***En ningún caso el espesor del recubrimiento de armaduras, una vez alcanzada la vida útil definida en el Proyecto Estructural, deberá ser inferior a 10 mm.***

C 2.2.10.6 a) Se puede aplicar el modelo de Pomeroy y Parkhurst para la predicción de generación de sulfuro de hidrógeno y de la velocidad de deterioro del hormigón por ataque de ácido sulfúrico biogénico (Pomeroy, R.D., Parkhurst, J.D. The forecasting of sulphide buildup rates in sewers. Progress in Water Technology V9 (1977), aplicado por ACI 365.1R-17.

El modelo mencionado solo tiene en cuenta algunas variables que intervienen en el proceso de deterioro del hormigón tales como temperatura, contenido de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) del líquido cloacal, pH, velocidad de escurrimiento, entre otras. No considera otras circunstancias tales como la presencia de turbulencia o instalación de elementos para ventilación, parámetros que influyen en el desprendimiento de sulfuro de hidrógeno desde el líquido cloacal en forma significativa y, por lo tanto, en la generación de ácido sulfúrico.

b) Aplicación de una ***protección superficial adicional*** capaz de resistir la agresión por ataque ácido, de efectividad comprobada.

C 2.2.10.6 b) Las protecciones superficiales adicionales se dividen en:

b.1) Películas protectoras sobre la base de los siguientes productos: resinas poliméricas a base de estireno-butadieno, caucho clorado, polietileno clorosulfonado (hypalon), vinilos, pinturas bituminosas, poliéster, resina epoxi, neopreno. Estos productos se pueden aplicar mediante pincel, rodillo o airless, siendo este último el más recomendado.

b.2) Camisa o “liner” resistente al ataque ácido en el interior de conductos de hormigón. Los materiales más utilizados en la construcción de estas camisas o “liners” son: Policloruro de

vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (HDPE) o laminados de resina poliéster con fibras de vidrio (PRFV).

c) Adecuar el diseño hidráulico y las características superficiales del conducto para evitar turbulencias que aumenten la liberación de gases.

d) Incorporar dispositivos electromecánicos u otros que fuercen la eliminación de los gases.

2.2.10.7. Para el caso que la ***vida útil definida en el Proyecto Estructural supere los 50 años***, será obligatorio la aplicación de la ***protección superficial adicional*** según el artículo 2.2.10.6 b), en forma independiente a los resultados que surjan de la aplicación del modelo de predicción indicado en el artículo 2.2.10.4.

2.2.10.8. Dado que la ***protección superficial adicional*** según el artículo 2.2.10.6 b) puede tener una vida útil inferior a la vida útil del Proyecto, los Documentos del Proyecto deberán incluir una ***estrategia de mantenimiento***.

C 2.2.10.8. La estrategia de mantenimiento debe garantizar lo establecido en el artículo 2.2.2.1 y debe estar claramente explicitada en los Documentos del Proyecto. Asimismo, el Proyecto Estructural debe establecer los accesos y las condiciones que posibiliten las tareas de mantenimiento.

2.2.11. Medidas especiales de protección en ambientes con agresividad química

2.2.11.1. En los casos de ***fuerte agresividad***, cuando las medidas de protección que se adopten en el propio hormigón deban ser complementadas con ***protecciones superficiales adicionales***, éstas pueden tener una ***menor vida útil en servicio*** que la establecida en la vida útil de diseño/proyecto. En estos casos, los Documentos del Proyecto deben establecer la planificación del mantenimiento de la protección superficial.

2.2.11.2. Cuando la ***agresividad*** sea por bajo pH o por amonio, con grado de ataque muy fuerte (***Tabla 2.3***) o por emanación de gas cloro, se debe aplicar una ***protección superficial adicional de probada eficacia***.

C 2.2.11. Medidas especiales de protección en ambientes con agresividad química

2.2.12. Hormigón expuesto a congelación y deshielo

El hormigón de las estructuras que estarán sometidas a las ***exposiciones identificadas*** como ***C1*** o ***C2*** de la ***Tabla 2.2***, debe contener el volumen de aire intencionalmente incorporado en su masa especificado en el artículo 4.1.2.

C 2.2.12. Hormigón expuesto a congelación y deshielo

Complementariamente al contenido de volumen de aire intencionalmente incorporado, la máxima efectividad depende de la distribución de las burbujas en la pasta y su espaciado debe ser apropiado para prevenir el incremento de la presión interna. Entre los parámetros usados para evaluar el sistema de poros de aire incorporado, el ***factor de espaciamiento*** (determinado según el método descripto en la norma ASTM C457/C457M), con un valor

máximo de aproximadamente ***0,20 mm***, es generalmente aceptado para obtener un hormigón con buena resistencia a la congelación y deshielo.

2.2.13. Resistencia a la corrosión por carbonatación del hormigón del recubrimiento de la armadura

C 2.2.13. Resistencia a la corrosión por carbonatación del hormigón del recubrimiento de la armadura

Los requisitos aquí establecidos son necesarios para evitar la carbonatación del hormigón de recubrimiento y la consecuente corrosión de las armaduras de acero.

2.2.13.1. Para evitar la corrosión de las armaduras por carbonatación del hormigón, se deben aplicar los recubrimientos de armaduras indicados en el artículo 8.3 (***Tablas 8.3*** y ***8.4***) y la clase de hormigón de la ***Tabla 2.5***.

Los recubrimientos mencionados dependen de la vida útil del Proyecto Estructural y se deben verificar como se indica en 2.2.13.3 a 2.2.13.8 cuando la vida útil del Proyecto supera los 50 años.

C 2.2.13.1. Las exigencias contenidas en este artículo constituyen la variante prescriptiva. Su metodología sigue la empleada por el Reglamento CIRSOC 201-2005, el Código ACI 318:2019 y el UE2:2010.

También tiene en cuenta la experiencia de las obras construidas en la Provincia de Buenos Aires.

2.2.13.2. Se define como recubrimiento nominal (R_{nom}) al valor a indicar en los planos. Es igual a:

$$R_{nom} = R_{ef} + \Delta r$$

siendo:

R_{ef} el recubrimiento efectivo mínimo necesario para evitar la corrosión de las armaduras durante la ***vida útil especificada*** para el Proyecto Estructural. Se calcula según el artículo 2.2.13.4 y se debe asegurar en cualquier punto de cada elemento estructural.

Δr un recubrimiento adicional igual a:

- ***0 mm*** para elementos prefabricados con control de ejecución
- ***5 mm*** para elementos ejecutados in situ con control de ejecución
- ***10 mm*** para el resto de los casos

C 2.2.13.2. Según El Reglamento CIRSOC 201-2005 (artículo 7.7), el recubrimiento del hormigón para evitar la corrosión de la armadura frente a carbonatación, se mide desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se aplica el recubrimiento.

El recubrimiento efectivo para un determinado elemento estructural, se mide de la siguiente forma:

- Hasta el borde exterior de los estribos abiertos, estribos cerrados, o zunchos en espiral, si la armadura transversal envuelve a la armadura principal;
- Hasta la capa exterior de la armadura, si se emplea una o más capas sin estribos cerrado abiertos;
- Hasta los dispositivos metálicos de los extremos o hasta las vainas de los cables de pretensado.

Este Reglamento ha introducido la variable Δr que tiene en cuenta el sistema constructivo y la calidad de ejecución y control de la obra.

2.2.13.3. La verificación mencionada en 2.2.13.1 se debe realizar siguiendo las indicaciones de los artículos 2.2.13.4 a 2.2.13.7. Esta verificación también puede utilizarse como alternativa prestacional a 2.2.13.1.

C 2.2.13.3. Este artículo y los siguientes constituyen una solución prestacional para evitar la corrosión de la armadura por carbonatación en la vida útil del Proyecto.

2.2.13.4. El R_{ef} se calcula mediante la expresión:

$$R_{ef} = \Phi \cdot K_{ac} \cdot t^{0,5}$$

siendo:

R_{ef} el espesor de recubrimiento efectivo

K_{ac} el coeficiente de carbonatación acelerada expresado en mm/año^{0,5} y determinado según el ***Anexo A2-1*** u otro ensayo normalizado y calibrado.

t la vida útil de Proyecto, en años.

Φ el factor que considera las condiciones de exposición (ver la ***Tabla 2.7***).

C 2.2.13.4. Para evaluaciones preliminares a nivel de anteproyecto y en ausencia del valor correspondiente al hormigón de la obra, se podrá adoptar K_{ac} ***= 5 mm/año^{0,5}*** para vida útil menor o igual a ***50 años y*** K_{ac} ***= 4 mm/año^{0,5}*** para vida útil de diseño/proyecto comprendido ***entre 50 y 100 años.*** Esta verificación preliminar no reemplaza a la indicada en el artículo 2.2.13.4.

El ***Anexo A2-1*** detalla el procedimiento para la determinación experimental del coeficiente de carbonatación acelerada para el conjunto de materiales a emplear en obra y la dosificación adoptada. Se lo determina para un tiempo de exposición de ***7 días***, a ***T = 21 ºC ± 2ºC; HR = 60% ± 3%,*** y concentración de CO_2 ***del 4% ± 0,1% en volumen.***

En la ***Tabla 2.***7 se indican los factores Φ que corrigen el coeficiente de carbonatación experimental ***(***K_{ac}***)*** según las condiciones de exposición.

Cuando el coeficiente de K_{ac} obtenido experimentalmente supere ***5 mm/año^{0,5}*** se deberá modificar la dosificación del hormigón, a fin de poder reducir el espesor de recubrimiento, o adoptar las medidas tecnológicas que permitan realizar el recubrimiento que resulte del cálculo sin efectos contraproducentes.

La aplicación de otros ensayos de carbonatación acelerada, como las normas UNE EN 12390-12 e ISO 1920-12, requiere de la aprobación por el Proyectista de una curva de calibración con medidas de la profundidad de carbonatación en ambiente natural para distintas clases de hormigones y tipos de cementos utilizados.

2.2.13.5. En caso que el R_{ef} sea inferior al diámetro de la armadura principal deberá utilizarse un espesor de recubrimiento igual al diámetro de dicha barra principal.

2.2.13.6. La edad para realizar los ensayos de carbonatación acelerada, en probetas normalizadas, es de ***28 días***. Cuando la edad de diseño del hormigón sea mayor de ***28 días***, los ensayos se realizarán a dicha edad.

Cuando se aplique curado acelerado, el ensayo de carbonatación acelerada se realizará al finalizar el curado total especificado.

C 2.2.13.6. En ocasiones el Proyecto Estructural puede especificar que el curado acelerado debe ir seguido de otra etapa de curado húmedo tradicional a temperatura ambiente.

2.2.13.7. Cuando se prevea la pérdida del espesor de recubrimiento por ataque químico severo al hormigón durante la vida útil en servicio, el Proyectista deberá analizar la necesidad de medidas adicionales a las que resulten de aplicar los artículos 2.2.13.1 o 2.2.13.3. Ellas podrán consistir en aumentar los espesores del recubrimiento, aplicar protecciones superficiales u otras

de eficacia debidamente probada.

2.2.13.8. La solución prestacional indicada en el artículo 2.2.13.3 y siguientes debe aplicarse cuando el Propietario o el Proyectista Estructural consideren que la estructura es sensible o que estará sometida a condiciones especiales de carbonatación del hormigón.

C 2.2.13.8. Como ejemplos de estructuras sensibles o sometidas a condiciones especiales de carbonatación del hormigón pueden citarse playas de estacionamiento cerradas y túneles carreteros, por las emanaciones de gases de combustión.

Tabla 2.7. Factores de corrección del coeficiente de carbonatación.

Clase de exposición		Clase de hormigón		
		< H-25	H-25 y H-30	> H-30
Exterior	A2- Protegido de la lluvia	1,50	1,00	0,80
	A3- No protegido de la lluvia	0,75	0,50	0,40
A1- Sumergido		0,45	0,40	0,30
A1- Enterrado		0,50	0,45	0,35

Nota: Los factores de corrección fueron extrapolados a partir de datos obtenidos de la publicación "*Carbon dioxide uptake during concrete life cycle - State of the art*" B. Lagerblad. Swedish Cement and Concrete Research Institute. 2005.

2.2.14. Resistencia a la corrosión de la armadura en ambiente con cloruros

C 2.2.14. Resistencia a la corrosión de la armadura en ambiente con cloruros

2.2.14.1. Los requisitos establecidos en la ***Tabla 2.5*** y los recubrimientos de armadura indicados en el Capítulo 8 (cuando corresponda aplicarlos) son de aplicación obligatoria, con prescindencia de las protecciones superficiales y las medidas prestacionales adicionales.

2.2.14.2. Para asegurar la vida útil en servicio requerida, el Proyectista o Diseñador Estructural debe verificar que las disposiciones mencionadas en el artículo 2.2.14.1 permiten alcanzar la vida útil de diseño/proyecto establecido por el Comitente. En caso contrario debe proyectar protecciones superficiales adicionales y/o establecer estrategias de mantenimiento. Para todo ello debe utilizar modelos de predicción debidamente justificados.

Los resultados obtenidos con el modelo de predicción adoptado no podrán ser menores que los indicados en el artículo 8.3.

C 2.2.14.2. Se podrán utilizar los modelos mencionados en el ***fib Model Code for Service Life Design***, en la recomendación del Comité 365 del ACI u otros equivalentes.

2.2.14.3. Cuando los elementos estructurales estén en contacto con agua freática de origen no marino, que tenga un contenido de ion cloruro igual o menor que ***4000 mg/l,*** se considerará que la misma no es agresiva por acción de los cloruros y no resulta necesario aplicar los requisitos establecidos en la ***Tabla 2.5*** para la condición ***CL1.*** Esta consideración es válida siempre que el hormigón tenga una razón ***a/mc*** igual o menor a ***0,50*** y el contenido de material cementicio supere los ***300 kg/m³.***

C 2.2.14.3. Esta indicación vale para todas las clases de hormigones armados y pretensados. Cuando la concentración de cloruros en el agua de contacto es igual o menor que ***4000 mg/l,*** a tiempo infinito el agua de poros del hormigón tendrá una concentración menor que la necesaria para iniciar la corrosión por cloruros.

2.2.14.4. En las estructuras con ***exposición CL2***, las superficies expuestas a las emanaciones de ión ***Cl^-*** deberán protegerse con una protección superficial adicional resistente a dicho gas.

2.2.15. Coeficiente de succión capilar y penetración de agua

2.2.15.1. Los hormigones deberán tener un coeficiente de succión capilar igual o menor que los límites que se indican a continuación:

a) ***Hormigones de clase mayor o igual a H-35***: sin requisito

b) ***Hormigones de clase H-30***: $S_{0,25}$ = 120 g/m^2 s^{0,25} ($S_{0,5}$ = 4,0 g/m^2 s$^{1/2}$)

c) ***Hormigones de clase H-20 y H-25***: $S_{0,25}$ = 150 g/m^2 s^{0,25} ($S_{0,5}$ = 5,0 g/m^2 s$^{1/2}$)

Los límites indicados corresponden a mediciones según la norma IRAM 1871:2021, realizadas en probetas cilíndricas de ***100 mm*** de diámetro y curadas ***28 días*** en agua.

2.2.15.2. Los ***hormigones*** de las estructuras destinadas a contener o conducir agua, y que requieran una elevada impermeabilidad, deberán tener una ***penetración de agua máxima*** igual o menor que ***50 mm*** y una ***penetración de agua media*** igual o menor que ***30 mm*** en el ensayo según la norma IRAM 1554:1983. Esta exigencia ***no releva*** del cumplimiento del artículo 2.2.15.1.

C 2.2.15. Coeficiente de succión capilar y penetración de agua

C 2.2.15.1. El requisito de succión capilar se debe verificar durante la etapa de dosificación de la mezcla y cada vez que se cambia la dosificación o los materiales que la componen. También requiere la verificación a solicitud del Director de Obra cuando se produzca una variación significativa de la resistencia del hormigón.

Cuando se usan adiciones minerales en obra, se debe verificar el coeficiente de succión capilar de la mezcla cada vez que se cambia la provisión de la adición, se cambia la fórmula del hormigón o cada seis meses.

La experiencia acumulada durante la aplicación de este requisito indica que cuando la resistencia especificada es igual o mayor que ***35 MPa*** la verificación del coeficiente de succión capilar, siempre es satisfactoria. Por eso se lo eliminó para estas clases de hormigón**.**

Los límites especificados son equivalentes a exigir que hormigones de clase menor a ***H-35***, deben cumplir con un coeficiente de succión capilar igual o menor que ***$S_{0,25}$ = 120 g/m^2 s^{0,25} ($S_{0,5}$ = 4,0 g/m^2 s$^{1/2}$)*** cuando la clase de exposición sea ***A3; CL1; M1 o Q1***; y dicho coeficiente será igual o menor que ***$S_{0,25}$ = 150 g/m^2 s^{0,25} ($S_{0,5}$ = 5,0 g/m^2 s$^{1/2}$)*** cuando la clase de exposición sea ***A1 o A2***.

ATENCION: Los valores límites especificados están sujetos a confirmación durante el período de discusión pública nacional.

C 2.2.15.2. Para las obras que requieran hormigones impermeables, la penetración de agua se debe verificar durante la dosificación de la mezcla y cada vez que se cambia la dosificación o los materiales que la componen. También requiere la verificación a solicitud del Director de Obra cuando se produzca una variación significativa de la resistencia del hormigón.

2.2.16. Reacción álcali – agregado (RAA)

2.2.16.1. Las estructuras de hormigón que durante su vida útil de diseño/proyecto pudieran estar, en forma permanente o periódica, en contacto con agua, suelos húmedos o atmósferas con humedad relativa media

C 2.2.16. Reacción álcali – agregado (RAA)

anual superior al ***60 %*** y todos los elementos estructurales en los que la menor dimensión sea mayor a ***0,75 m***, deben ser construidas con un conjunto de materiales componentes (cemento, agregados, aditivos, adiciones minerales y agua) para los cuales esté comprobado que no se producen expansiones perjudiciales y/o deterioros como consecuencia de la reacción entre los álcalis y los agregados, en adelante ***reacción álcali – agregado*** (***RAA***).

Existen dos tipos de reacción álcali-agregado según la tipología del agregado que la produzca. Ellas se definen como ***reacción álcali-sílice (RAS)*** y ***reacción álcali-carbonato*** (***RAC).*** La ***RAS*** se produce cuando interviene un agregado silíceo, constituido por ciertas variedades de cuarzo, calcedonia, tridimita, cristobalita, ópalo, y vidrio volcánico. En la ***RAC*** interviene un agregado constituido por dolomita con un tamaño de grano promedio menor que ***50 μm*** y un contenido de residuo insoluble arcilloso mayor que el ***5%*** determinado según la norma IRAM 165007-2.

2.2.16.2. Se considera que se cumple la condición del artículo 2.2.16.1. cuando se dispone de evaluaciones de ***obras en servicio*** que no tengan evidencias de ***expansiones y/u otros daños asociados*** a la ***RAA*** y se verifiquen todas las condiciones que se detallan a continuación:

- estén construidas con un conjunto de materiales (agregados, cemento, adiciones minerales y aditivos) ***similares*** a los que se intenta utilizar en el Proyecto en estudio,
- sean de ***igual tipología*** estructural,
- las condiciones de exposición ***sean similares*** o más rigurosas que las de la estructura a construir, y
- hayan estado en ***servicio más de 15 años,***

Sus conclusiones son válidas en los términos del artículo 2.2.16.9, siempre y cuando la ***vida útil de Proyecto no sea superior a 75 años***.

2.2.16.3. A los fines del artículo 2.2.16.2, la ***evaluación de las estructuras en servicio*** se debe realizar de acuerdo con la norma IRAM 1874-2:2004.

2.2.16.4. Cuando se utilicen ***agregados finos y/o gruesos*** de los cuales se carezca de antecedentes que aseguren el cumplimiento del artículo 2.2.16.1, o se tengan dudas sobre su ***reactividad potencial con los álcalis***, dichos agregados deben ser evaluados con los siguientes métodos, en la forma que se describe en los artículos 2.2.16.5 a 2.2.16.7:

C 2.2.16.2. Este Reglamento considera que cuando hay antecedentes suficientes de estructuras construidas con los agregados a utilizar, que no presentan efectos deletéreos debido a la ***RAS*** y su vida útil es menor a ***75 años***, no se requiere la realización de los ensayos de laboratorio de largo plazo (IRAM 1700-2013).

No se recomienda aplicar el párrafo anterior cuando se trate de obras donde los efectos de la ***RAA*** pueden tener consecuencias graves para la seguridad y la economía o cuando el ambiente donde se construirá la obra (estructuras de ***tipo S4***, ***Anexo A2-2, Tabla A2-2.4).*** En estos casos se deben realizar los ensayos de laboratorio de largo plazo (IRAM 1700) para comprobar la reactividad de los agregados.

- Ensayo con el método acelerado de la barra de mortero, según norma IRAM 1674-1997.

- Ensayo acelerado del prisma de hormigón, según norma IRAM 1700-2013 (***60°C***).

- Ensayo tradicional del prisma de hormigón, según norma IRAM 1700-2013 (***38°C***).

2.2.16.5. Cuando se tenga certeza sobre el yacimiento o la cantera de procedencia de un agregado y se disponga de información, con una antigüedad menor a ***2 años***, de ensayos de laboratorio según el artículo 2.2.16.4, realizados por empresas, instituciones u organismos de reconocida trayectoria y experiencia demostrable en el estudio de la ***RAA***, la misma podrá ser utilizada por el Director de Obra para calificar la reactividad alcalina potencial de ese agregado. Ello incluye la determinación del grado de reactividad a que se refiere la ***Tabla A2-2.1 del Anexo A2-2***.

C 2.2.16.5. Debido a que algunos ensayos que evalúan la reactividad alcalina de los agregados requieren tiempos de ensayo que superan los requeridos para el proyecto de las obras, este Reglamento recomienda que su aplicación sea planteada dentro del sistema de calidad de las plantas productoras de agregados. A su vez, los consumidores disponen de una herramienta para plantear condiciones de auditoría en sus contratos de provisión del suministro.

Se considera de reconocida trayectoria en el estudio de la ***RAA*** a las instituciones, organismos y empresas que acreditan tareas de investigación con publicaciones reconocidas en el ámbito científico o que poseen sistemas de calidad y procedimientos de ensayos certificados.

2.2.16.6. Se debe considerar que el agregado grueso o fino es potencialmente reactivo cuando en el ensayo con el método acelerado de la barra de mortero, según norma IRAM 1674:1997, la expansión a los ***16 días*** sea igual o mayor que ***0,10%*** (***Anexo A2-2, Tabla A2-2.1***).
Los agregados fino y grueso deben ser ensayados por separado. Cuando, por razones granulométricas, el agregado grueso o fino esté constituido por una mezcla de dos o más fracciones, de distintas características petrográficas, cada una de ellas deberá evaluarse por separado.

2.2.16.7. El agregado grueso podrá ser evaluado con ***el método acelerado de la barra de mortero,*** siempre que no se trate de:

- cantos rodados silíceos procedentes del Río Uruguay o de yacimientos aportados por dicho río,

- piedra partida constituidas por granitos, granodioritas, gneises y/o areniscas, con cuarzo tensionado y/o microcristalino (***Anexo A2-2, Tabla A2-2.10***). Para verificar esta condición, el agregado debe ser previamente identificado con el examen petrográfico de la norma IRAM 1649-2008.

C 2.2.16.7. Los agregados grueso o fino que contengan minerales de elevada reactividad (principalmente ópalo), pueden dar lugar a un efecto pessimum. Cuando en Obra puedan variar las proporciones de dichos minerales en el conjunto de agregados, ellas deben ser ensayadas con el método acelerado de la barra de mortero. Si alguna de las combinaciones evaluadas posee una expansión mayor que ***0,10%*** a ***16 días***, el grado de reactividad del agregado grueso o fino debe ser verificado según se indica en el artículo 2.2.16.13.

2.2.16.8. Cuando el agregado fino provenga de la trituración de rocas constituidas por dolomías, calizas dolomíticas, rocas que contengan cuarzo fuertemente

C 2.2.16.8. Si bien existen referencias bibliográficas que señalan que el cuarzo “fuertemente tensionado” es aquel que posee un valor promedio del ángulo de extinción

tensionado, microfracturado y/o microcristalino, o canto rodado silíceo o material proveniente de yacimientos aportados por el río Uruguay, su reactividad alcalina deberá ser evaluada como agregado grueso mediante el método de la norma IRAM 1700-2013, conforme lo indicado en el artículo 2.2.16.9. ***Esta restricción no se aplica al agregado fino de origen natural.***

ondulante (AEO) del orden de ***15°*** o superior *(1)*, actualmente, no existe un consenso aceptado a nivel internacional sobre este límite *(2)*.

(1) Mantuani, D-M, Ondularoty extinction in quartz used for identifying alkali reactive rocks, Proc. 5th International Conference on Alkali Reaction in Concrete, S252/36, Cape Town (Sudafrica), 1981.

(2) Andersen, K. T., Thaulow, N., "The application of undulatory extinction angles (UEA) as an indicator of alkali-silica reactivity of concrete aggregates", Proc., 8th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction, Kyoto (Japan), 1989, 489:494.

2.2.16.9. Cuando el agregado resulte potencialmente reactivo según el artículo 2.2.16.6, su reactividad alcalina podrá ser verificada con el método IRAM 1700-2013, en cualquiera de sus dos versiones (***38°C o 60°C***). Se debe considerar que los agregados finos, grueso o su combinación son potencialmente reactivos, cuando (***Anexo A2-2, Tabla A2-2.1***):

- En el ensayo IRAM 1700 acelerado (***curado a 60°C***) la expansión del hormigón a la edad de ***13 semanas*** resulta igual o mayor que ***0,04%*** para los agregados que contienen ópalo, calcedonia, vidrio volcánico, tridimita y cristobalita y ***0,08%*** para los agregados que contienen cuarzo tensionado y/o microcristalino. Los agregados deben ser evaluados previamente con el examen petrográfico según norma IRAM 1649 para establecer el límite de conformidad a aplicar. Los resultados obtenidos con este método de ensayo tienen prelación sobre los obtenidos con el método acelerado de la barra de mortero según la norma IRAM 1674-1997.

- La combinación de agregados evaluada con el método acelerado del prisma de hormigón (***curado a 60°C***) esté constituida por agregados de distinta composición petrográfica, y a los mismos se le deben aplicar distintos límites para ser caracterizados (***0,04% o 0,08%***, según corresponda), ***se debe considerar el más restrictivo***.

- En el ensayo IRAM 1700-2013 tradicional (***curado a 38°C***) la expansión del hormigón, a la edad de ***52 semanas***, resulta igual o mayor a ***0,04%.*** Los resultados obtenidos con este método de ensayo tienen prelación sobre los obtenidos con los métodos de ensayo indicados en el artículo 2.2.16.3 (norma IRAM 1874-2) y en el artículo 2.2.16.4 (norma IRAM 1674-1997 e IRAM 1700-2013 a ***60°C***).

C 2.2.16.9. Por ejemplo, en una arena silícea, se debe aplicar el límite de ***0,04%*** y si se combina con un agregado granítico, dicho conjunto debe cumplir el límite de ***0,04%.*** Para evitar una inadecuada calificación de algunos de los dos agregados o de ambos, se sugiere evaluar cada agregado por separado o esperar los resultados a ***1 año*** con el método tradicional a ***38°C*** de dicha combinación.

2.2.16.10. Los agregados finos, grueso o su combinación, que resulten ***potencialmente reactivos***

frente a la RAS, pueden ser utilizados sólo si se emplea alguna medida preventiva, prescriptiva o prestacional, que inhiba los efectos deletéreos de la reacción. Dichas medidas se indican en los artículos 2.2.16.12 y 2.2.16.15.

2.2.16.11. Los agregados finos, gruesos o su combinación, que sean ***potencialmente reactivos frente a la RAC***, deben ser reemplazados por otros de características inocuas.

C 2.2.16.11. Hasta el momento no se conocen métodos que resulten efectivos para el control de los efectos deletéreos generados por esta reacción.

2.2.16.12. Medidas prestacionales para inhibir la ***RAS***.

Se podrá utilizar alguna de las medidas prestacionales que se indican en los apartados a), b) o c):

a) Utilizar un cemento para uso general, que cumpla con la norma IRAM 50000-2017 y su modificación 2021 o IRAM 50002-2009 y su modificación 2017. Esta medida se debe verificar según los artículos 2.2.16.13 o 2.2.16.14.

b) Utilizar un material cementicio obtenido por mezcla, en planta de hormigón, de un cemento de uso general, que cumpla con la norma IRAM 50000 o 50002, más una ***AMA*** que cumpla con la norma IRAM que le corresponda. Esta medida se debe verificar según los artículos 2.2.16.13 o 2.2.16.14.

c) Utilizar un inhibidor químico a base de litio incorporado al hormigón en proporciones suficientes para evitar que se produzcan expansiones y otros daños por ***RAS***. Esta medida se debe verificar según el artículo 2.2.16.13.

2.2.16.13. Verificación de las medidas prestacionales con el método IRAM 1700-2013 (38°C)

C 2.2.16.13. Verificación de las medidas prestacionales con el método IRAM 1700-2013 (38°C)

a) La efectividad de las medidas de prevención indicadas en el artículo 2.2.16.12, se debe verificar mediante el método tradicional del prisma de hormigón IRAM 1700-2013 (temperatura de almacenamiento: ***38°C***), con las modificaciones indicadas de b) hasta e).

b) El ensayo se realizará con el agregado fino, grueso o su combinación, el cemento propuesto para la obra y, cuando corresponda, las adiciones minerales en la proporción de obra. El contenido de material cementicio (cemento + adiciones minerales activas) del hormigón debe ser igual a ***420 kg/m³*** y la razón agua/material cementicio debe estar comprendida entre ***0,42 y 0,45***. El contenido total de álcalis del cemento debe ser incrementado a ***1,25%*** de Na_2O_{eq}, mediante la incorporación de hidróxido de sodio

C 2.2.16.13 b). El incremento de Na_2O indicado sigue los criterios de la Guía ASTM C1778.

(***NaOH***) al agua de mezclado, en la cantidad necesaria. Si el contenido de álcalis del cemento es mayor que ***1,00% Na_2O_{eq}***, se lo debe incrementar en ***0,25% de Na_2O***.

c) Cuando se emplee cemento tipo ***CPN o CPF***, se debe considerar el contenido total de álcalis del cemento, determinado según la norma ASTM C 114. En caso de cementos con ceniza volante, puzolana o escoria de alto horno, utilizadas como constituyente principal (***CPC, CPE, CPP***, ***CAH***), el contenido de álcalis a considerar será el que corresponda a la fracción ***"clínker + filler + yeso"***, información que deberá ser brindada por el fabricante de cemento. No se deberá considerar el contenido de álcalis de las adiciones minerales activas (***AMA***).

d) Cuando se emplee como método preventivo de la ***RAS*** un aditivo químico líquido a base de litio, el contenido de agua del aditivo se debe tener en cuenta para la determinación de la razón agua/material cementicio indicada en b).

e) Se considera que las medidas de prevención prestacionales del artículo 2.2.16.12 son efectivas para inhibir los efectos deletéreos de la ***RAS*** cuando la expansión del hormigón, a la edad de ***104 semanas*** (dos años), es ***igual o menor que 0,040%***.

2.2.16.14. Verificación de las medidas prestacionales con el método acelerado de la barra de mortero IRAM 1674-1997

Como alternativa a lo dispuesto en el artículo 2.2.16.13, la efectividad inhibidora de las soluciones indicadas en el artículo 2.2.16.12 a) y b), se pueden evaluar mediante la aplicación de la metodología de ensayo de la norma IRAM 1674-1997, con las indicaciones siguientes:

a) La mezcla de mortero se realiza con los agregados fino o grueso bajo estudio de manera individual, según lo indicado en el artículo 2.2.16.6, con el cemento propuesto para la obra y la ***AMA*** en la proporción de obra, cuando corresponda. Se debe incorporar un aditivo fluidificante de alto rango cuando sea necesario adecuar el grado de trabajabilidad del mortero a fin de permitir una apropiada compactación.

Se considera que las medidas de prevención dadas en el artículo 2.2.16.12 a) y b) son efectivas para inhibir los efectos deletéreos de la ***RAS*** cuando la expansión del mortero, a los ***16 días*** de edad, es

igual o menor que ***0,10%.***

b) La evaluación de la efectividad inhibidora de las soluciones indicadas en el artículo 2.2.16.12 a) y b), según el artículo 2.2.16.14, no es válida en aquellos casos en los que el contenido total de álcalis de la escoria granulada de alto horno o de la ceniza volante, sean mayores que ***1% y 4,5%***, respectivamente. En estos casos, la evaluación de la efectividad inhibidora se debe realizar según lo indicado en el artículo 2.2.16.13.

c) Para evaluar la efectividad inhibidora, cada agregado a emplear debe responder de manera adecuada a este ensayo, para lo cual debe cumplir con lo indicado en el ***Anexo A2-2***, artículo 6.5 y ***Figura A2-2.1***.

2.2.16.15. Medidas prescriptivas

Aplicar alguna de las siguientes medidas preventivas según sea el nivel de reactividad del agregado, el tipo y condiciones de exposición de la estructura y el nivel de daño tolerable:

a) Utilizar un cemento ***RRAA*** (resistente a la reacción álcali-agregado), que cumpla con la norma IRAM 50001-2017 y su modificación 2020.

b) Limitar el contenido de álcalis en el hormigón de acuerdo con lo establecido en las ***Tablas A2-2.6 y A2-2.8*** del ***Anexo A2-2***.

c) Utilizar escoria granulada de alto horno, ceniza volante o humo de sílice que cumpla con la norma IRAM o ASTM, según corresponda. Dicha ***AMA*** puede formar parte de la mezcla de hormigón de obra y/o ser adición principal del cemento. Las cantidades totales de ***AMA*** aportadas en la mezcla deben cumplir con los establecidos en la ***Tabla A2-2.7 del Anexo A2-2.***

d) Para las condiciones más exigentes de prevención utilizar, en forma combinada, un hormigón de bajo contenido de álcalis y una ***AMA*** incorporada de acuerdo con el párrafo anterior, con las condiciones de las ***Tablas A2-2.8 y A2-2.9*** del ***Anexo A2-2.***

2.2.17. Requerimientos prestacionales. Disposiciones complementarias.

2.2.17.1. El Proyectista Estructural podrá incorporar en los Documentos del Proyecto métodos para verificar las prestaciones requeridas al hormigón en la estructura o en los elementos estructurales construidos. Dichas verificaciones deberán estar referidas a métodos establecidos en normas IRAM, disposiciones CIRSOC o

C 2.2.17. Requerimientos prestacionales. Disposiciones complementarias.

C 2.2.17.1. Se recomienda que las verificaciones prestacionales de la estructura terminada incluyan, según corresponda, la comprobación de las propiedades mecánicas, terminación superficial, características geométricas, recubrimientos, penetración de agua a presión,

métodos de ensayo debidamente acreditados e incorporados a los Documentos del Proyecto.

permeabilidad al aire, succión capilar, color u otras características requeridas por el Proyecto. Las mismas serán determinadas por procedimientos y/o ensayos establecidos con el fin de certificar los procesos de construcción en forma integral. La realización de dichos ensayos o procedimientos no deben comprometer la seguridad o durabilidad de la estructura terminada.

2.2.17.2. ***Cuando los requerimientos prestacionales no estén contemplados en los Documentos del Proyecto, el Director de Obra, con la conformidad del Proyectista o Diseñador Estructural podrá acordar con el Contratista la realización de verificaciones prestacionales en las condiciones establecidas en el artículo 2.2.17.1.***

2.3. RESISTENCIA DE LOS HORMIGONES

C 2.3. RESISTENCIA DE LOS HORMIGONES

2.3.1. Resistencia especificada

C 2.3.1. Resistencia especificada

2.3.1.1. La ***resistencia especificada de rotura a compresión*** f'_c es el valor de la resistencia a compresión que se adopta en el Proyecto Estructural y se utiliza como base para los cálculos.

C 2.3.1.1. En este Reglamento corresponde al cuantil del ***10%*** en la distribución de resistencia a compresión del hormigón colocado en una obra (valor estadístico de la resistencia, que corresponde a la probabilidad de que el ***90%*** de todos los resultados de ensayos de la población superen dicho valor).

2.3.1.2. La resistencia especificada se debe indicar en los planos y Documentos del Proyecto.

2.3.2. Clases de hormigón

C 2.3.2. Clases de hormigón

Para el proyecto y construcción de las estructuras se deben utilizar una, o más clases de hormigones de los indicados en la ***Tabla 2.8***. También se deben respetar las restricciones establecidas en el ***Reglamento INPRES-CIRSOC 103 – Parte II – 2023 – Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes de Hormigón Armado***, para las distintas zonas sísmicas de nuestro país.

Las clases de hormigones H-5 y H-10 incorporados en la norma IRAM 1666-2020 son de uso no estructural. Se emplea para el relleno o aplicaciones de limpieza que no afectan la seguridad de la estructura.

En los Proyectos Estructurales que incluyan hormigones superiores a ***H-60***, se recomienda consultar los límites de resistencia establecidos en cada reglamento específico ya que ellos pueden limitar la resistencia a utilizar en el proyecto. Como ejemplo, el artículo 22.5.3.1 del ACI 318-19 limita la resistencia del hormigón a ***H-70 debido a la falta de información proveniente de ensayos y de experiencias prácticas con hormigones que poseen resistencia a compresión mayores.***

Para una ***vida útil de Proyecto mayor a 100 años***, a excepción de hormigón masivo interior, se recomienda el empleo de ***H-25 o clase superior.***

2.3.3. Edad de diseño

2.3.3.1. Los Documentos del Proyecto deben establecer la edad de diseño a la cual se debe verificar la resistencia especificada. Dicha edad de diseño tendrá en consideración el tipo de estructura, el momento de su puesta en servicio y el cemento a utilizar en la construcción.

Cuando los Documentos del Proyecto no establezcan una edad de diseño diferente, ella se deberá adoptar igual a 28 días.

2.3.3.2. Cuando el hormigón se elabore con aditivos y/o adiciones minerales activas que modifiquen el desarrollo de la resistencia del cemento utilizado, los Documentos del Proyecto también deben indicar la edad de diseño. Cuando ella no se especifique se la debe adoptar igual a ***28 días***.

2.3.3.3. En las ***estructuras masivas***, cuando se utilicen cementos que tengan un desarrollo de resistencia importante posterior a ***28 días***, se podrá considerar una edad de diseño superior a ***28 días***. En este caso, la edad de diseño adoptada debe constar en los planos y en los documentos del Proyecto.

C 2.3.3. Edad de diseño

C 2.3.3.1. Algunos tipos de cemento poseen un crecimiento de resistencia importante después de los 28 días. Este Reglamento permite que el proyectista aproveche esta ganancia de resistencia cuando la tipología del elemento estructural facilita el curado del hormigón y aquella se produce antes de la puesta en carga del elemento. Tal es el caso, por ejemplo, de estructuras que estarán sumergidas y el de las estructuras masivas en general.

Tabla 2.8. Clases de hormigones de acuerdo con la resistencia especificada

Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión f'_c (MPa)	A utilizar en hormigones
H – 15	15	Simples (sin armar)
H – 20	20	Simples y armados
H – 25	25	Simples, armados y pretensados
H – 30	30	
H – 35	35	
H – 40	40	
H – 45	45	
H – 50	50	
H – 60	60	
H – 70	70	
H – 80	80	
H – 90	90	
H – 100	100	
H – 110	110	

ANEXOS AL CAPÍTULO 2

I. PROCEDIMIENTO CIRSOC PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE CARBONATACIÓN ACELERADA

II. DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS PRESCRIPTIVAS PARA EVITAR DAÑOS POR RAS

III. AGRESIVIDAD DE LAS DISTINTAS SUSTANCIAS QUÍMICAS AL HORMIGÓN

ANEXO A2-1. PROCEDIMIENTO CIRSOC PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE CARBONATACIÓN ACELERADA

1. INTRODUCCIÓN

Este Anexo describe el procedimiento para determinar el ***coeficiente de carbonatación***, mediante la exposición de probetas de hormigón, durante ***7 días***, al ensayo acelerado de carbonatación.

El contenido de agua en los poros del hormigón afecta a la velocidad de transporte de líquidos y gases, por lo que es necesario acondicionar las probetas para que posean un contenido de humedad que permita comparar los resultados.

2. REQUISITOS GENERALES

2.1. Probetas

Las probetas para el ensayo deben poseer una altura de ***50 mm***, ser de geometría regular y cilíndricas con las caras planas perpendiculares al eje. Las probetas deberán tener un diámetro de ***75 ± 2 mm como mínimo y 100 ± 2 mm como máximo***.

Se obtendrán, mediante cortes paralelos entre si y en el sentido perpendicular al eje longitudinal de tres muestras, asegurando que el material no presente procesos de carbonatación ni contaminación o defectos. Se evaluarán como mínimo ***3 probetas*** por tipo de hormigón en estudio.

2.2. Cámara climática controlada o recipiente sellado

Para realizar el ensayo es necesario disponer de una cama climática o de un recipiente sellado. La cámara climática debe mantener una temperatura de ***20 ± 2ºC*** mientras que el recipiente sellado debe estar situado en un ambiente a ***20 ± 2ºC***.

Ambos dispositivos deben mantener una humedad relativa de ***60 ± 3%***. La humedad relativa del recipiente sellado se consigue empleando una solución saturada de cloruro de sodio (***NaCl***).

2.3. Calibre Vernier

Las lecturas de las profundidades carbonatadas se realizarán con un calibre Vernier informando las lecturas al ***0,5 mm***.

2.4. Solución de fenolftaleína

La solución de fenolftaleína se obtendrá según lo indicado en la norma IRAM 21317.

2.5. Estufa de tiro forzado o natural con acceso de aire*,* a ***50 ± 2ºC***.

2.6. Cámara de carbonatación acelerada

La cámara de carbonatación acelerada con una temperatura de ***20 ± 2°C***, una humedad relativa de ***60 ± 3%*** y una concentración de ***CO_2 de 4,0 ± 0,1%*** en volumen. El contenido de ***CO_2*** debe corresponder a una presión de ***1013 mbar*** y una temperatura de ***25°C***. Se pueden tolerar fluctuaciones cortas de menos de ***4 horas***.

Debe poseer una fuente para suministro continuo de ***CO_2***, (por ejemplo, cilindro de gas) y contar con un dispositivo para registrar continuamente la temperatura y la humedad relativa en la cámara climática y en la cámara de carbonatación acelerada. En la cámara de carbonatación acelerada, el

contenido de CO_2 debe controlarse y registrarse continuamente, el intervalo de medición no debe exceder de ***10 minutos***.

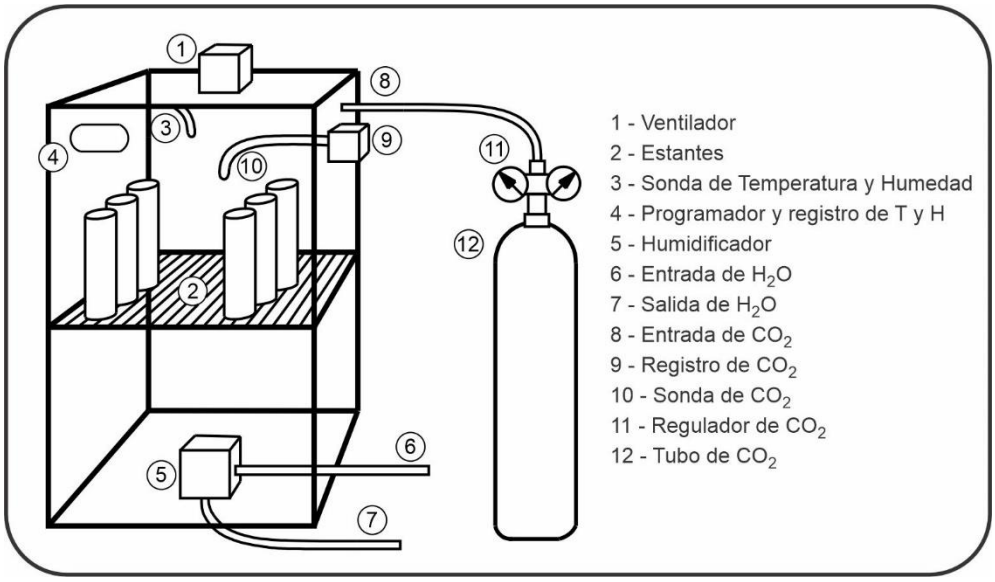


Figura A2-1.1. Esquema de una cámara de carbonatación acelerada

3. ACONDICIONAMIENTO DE PROBETAS

El método de acondicionamiento consiste en alcanzar un equilibrio higrométrico entre la humedad interior de la probeta de hormigón y la humedad a ***60 ± 3%*** de la cámara climática o recipiente sellado.

3.1. Secado de las probetas

Por cada serie de hormigón a evaluar se secarán ***3 probetas***, en estufa, a una temperatura de ***50 ± 2ºC***, durante ***4 días***, luego del curado normalizado.

3.2. Redistribución de la humedad

Luego de la etapa de secado, se retiran de la estufa las probetas de hormigón y se sellan envolviéndolas con una película de polietileno impermeable al vapor de agua que quede adherida a la superficie. Se deben realizar como mínimo dos vueltas completas de la película de polietileno.

Luego del sellado de las probetas se colocan nuevamente en la estufa a la temperatura de ***50 ± 2ºC*** durante otros ***3 días***. El sellado y el mantenimiento a ***50 ± 2ºC*** tienen como objetivo la redistribución de la humedad para su homogenización en el interior del hormigón.

Al finalizar los ***3 días*** se retiran las probetas selladas de la estufa y se introducen en la cámara climática o recipiente sellado a una temperatura de ***20 ± 2ºC*** y una humedad relativa de ***60 ± 3% durante 21 días***.

4. CARBONATACION ACELERADA

4.1. Finalizado el acondicionamiento de las probetas, se retira la película de polietileno y se colocan en la cámara de carbonatación acelerada de modo que permitan que el aire circule libremente alrededor de las caras expuestas. El espacio, entre las diferentes probetas y entre cada muestra y las paredes del recinto, debe ser mayor a ***10 mm***.

Se mantienen durante ***7 días*** los parámetros de temperatura de ***20 ± 2ºC*** y una humedad relativa de ***60 ± 3%*** y una concentración de ***CO_2*** gaseoso de ***4,0 ± 0,1% en volumen***.

4.2. Profundidad de carbonatación

Finalizado el tiempo de exposición se retiran las probetas y se fraccionan en forma perpendicular a la base mediante compresión diametral. Puede emplearse un aserrado en seco, pero debe retirarse el polvo residual en las mitades mediante sopleteo con aire presurizado antes de aplicar la solución de fenolftaleína.

Se procede al atomizado con la solución de fenolftaleína. Se deja secar durante ***5 minutos*** y se procede a medir la profundidad de carbonatación definida como la frontera entre la zona no coloreada (zona carbonatada) y la de tonalidad fucsia (zona no carbonatada). Se tomarán lecturas perpendiculares a los laterales y a la cara superior de las probetas, en cada una de las mitades, cada ***5 mm***.

La ***profundidad de carbonatación*** (***X_{ac}***), en mm, surgirá del valor promedio de todas las lecturas según la siguiente expresión:

$$X_{ac}(mm) = \frac{n1 - n2 \ldots\ldots - nx}{n}$$

5. COEFICIENTE DE CARBONATACION ACELERADA (K_{ac})

$$K_{ac} = X_{ac} / t^{0,5}$$

siendo:

K_{ac} el coeficiente de carbonatación acelerada, en mm/año^{0,5}.

X_{ac} la profundidad de carbonatación acelerada, en mm.

6. DOCUMENTOS DE CONSULTA

IRAM 21317 (1986). Drogas de Análisis. Soluciones de indicadores de fenolftaleína

EHE - 08. Instrucción del Hormigón Estructural. España. 2008

UNE 83966 Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Acondicionamiento de probetas de hormigón para los ensayos de permeabilidad a gases y capilaridad.

ASTM E 104-85. Standard Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions. Modificada en 1991.

NS 505 262/1-2013. Betonbau — Ergánzende Festlegungen Costruzioni di calcestruzzo — Indicazioni complementari Concrete Structures — Supplementary specifications. Remplace la norme SIA 262/1, édition 2003

ANEXO A2-2. DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS PRESCRIPTIVAS PARA EVITAR DAÑOS POR RAS

1. GENERALIDADES

A efectos de definir y aplicar las medidas prescriptivas se deberá determinar previamente el nivel de reactividad del agregado, el riesgo de que se produzca la ***RAS*** y el nivel de prevención que requiere la estructura.

2. NIVEL DE REACTIVIDAD DEL AGREGADO

2.1. Se determinará teniendo en cuenta los resultados de los ensayos mencionados en el artículo 2.2.16.4 y lo establecido en la ***Tabla A2-2.1.***

2.2. Cuando se utilice el ***método acelerado de la barra de mortero*** (IRAM 1674-1997) para determinar el ***grado de reactividad de los agregados*** se deben ensayar individualmente y tomar el valor de expansión a ***16 días*** que corresponda al del agregado que produzca la mayor expansión.

2.3. Para determinar el ***grado de reactividad*** de la combinación de agregados se debe tomar la expansión según norma IRAM 1700-2013 (***a 38°C o 60°C***). Si el resultado de esta combinación no está disponible, se debe tomar la máxima expansión obtenida al ensayar cada uno de los agregados en forma individual.

Tabla A2-2.1. Determinación del nivel de reactividad del agregado en función de la expansión (E)

Clase de reactividad del agregado	Nivel de reactividad del agregado	Método de ensayo		
		Acelerado		Tradicional
		IRAM 1674 (1)	IRAM 1700, 60°C	IRAM 1700, 38°C
		Expansión del mortero a 16 días (%)	Expansión del hormigón a 13 semanas (%)	Expansión del hormigón a 52 semanas (%)
R0	No reactivo	E < 0,10	E < 0,04 / 0,08 (2)	E < 0,04
R1	Moderado	0,10 ≤ E < 0,30	0,04 /0,08 (2) ≤ E < 0,12	0,04 ≤ E < 0,12
R2	Altamente reactivo	0,30 ≤ E < 0,45	0,12 ≤ E < 0,24	0,12 ≤ E < 0,24
R3	Extremadamente reactivo	E ≥ 0,45	E ≥ 0,24	E ≥ 0,24

(1) Existen referencias bibliográficas que indican que ciertos agregados, a pesar de mostrar un comportamiento deletéreo en servicio o de expandir más de ***0,04%*** en un año, al ser ensayado según la norma IRAM 1700-2013, no pueden ser detectados mediante el ensayo de la IRAM 1674-1997, debido a la reducida expansión obtenida con este método. Dentro de este grupo de agregados se encuentran algunos cantos rodados silíceos del río Uruguay y también agregados ígneos, metamórficos o sedimentarios (granitos, granodioritas, gneises, areniscas) que contienen cierta variedad de cuarzo reactivo (cuarzo fuertemente tensionado y/o microfracturado y/o cuarzo microcristalino). Por este motivo, estos tipos de agregados deben ser evaluados mediante el ensayo tradicional de la IRAM 1700-2013 (temperatura de almacenamiento ***38°C***) o el método acelerado del prisma de hormigón de la IRAM 1700-2013 (temperatura de almacenamiento ***60°C***).

(2) Para agregados cuya reactividad alcalina potencial puede ser atribuida exclusivamente a alguna variedad de cuarzo, se debe aplicar el límite de ***0,08%.*** Para agregados que contengan calcedonia, tridimita, cristobalita, ópalo y/o vidrio volcánico o cualquier combinación de estos minerales con cuarzo, se debe aplicar el límite de ***0,04%.***

2.4. En caso de discrepancia entre los resultados obtenidos por los métodos de ensayo de las normas IRAM 1674-1997 e IRAM 1700-2013, ***este último tiene prelación sobre el primero***.

2.5. Cuando se utilicen dos o más agregados de distinto nivel de reactividad, se adoptará el mayor de ellos.

2.6. Cuando no se disponga de resultados de ensayo y el agregado pertenezca a alguno de los tipos mencionados en la ***Tabla A2-2.2***, se considerará que el agregado posee el nivel de reactividad que le corresponde en dicha ***Tabla A2-2.2.***

2.7 Si se carece de resultados de ensayos y ***el agregado no se encuadra en los tipos*** de la ***Tabla A2-2.2***, se lo deberá considerar ***extremadamente reactivo*** (***R3***).

Tabla A2-2.2. Nivel de reactividad a asumir por defecto de ensayos

Provincia	Zona / Región	Agregado	Reactividad debida a	Máximo grado de reactividad alcalina esperado
Buenos Aires	Olavarría, Tandil, Azul, Mar del Plata, Pigué	Piedra partida y arenas de trituración (granitos, migmatitas, ortocuarcitas, cuarcitas)	Cuarzo tensionado y/o microcristalino	***R2***
	Olavarría	Piedra partida (dolomías)	-	***R1***
	Bahía Blanca, Médanos, etc	Arenas y rodados	Vidrio volcánico	***R3***
Entre Ríos, Corrientes, Misiones	Mesopotamia	Piedra partida (basalto)	Vidrio volcánico, cristobalita, tridimita	***R2***
	Río Uruguay	Canto rodado	Calcedonia, ópalo y cuarzo microcristalino	***R3***
Chaco	Chaco	Piedra partida (arenisca)	Ópalo y calcedonia	***R3***
Mendoza	Río Mendoza (Potrerillo, Cacheuta, Anchoris)	Canto rodado	Vidrio volcánico	***R1***
	Río Diamante (San Rafael)	Canto rodado	Vidrio volcánico	***R2***
Tucumán	Río Salí	Canto rodado	Vidrio volcánico, cuarzo tensionado	***R2***
Córdoba	Berotarán, Los Cóndores	Piedra partida (basalto)	-	***R1***
	Alta Gracia	Piedra partida (dolomías)	-	***R1***
San Luis	Justo Daract	Piedra partida (basalto)	-	***R1***
Patagonia	Patagonia	Arenas y rodados	Principalmente vidrio volcánico, algunas rocas incluyen tridimita, cristobalita y cuarzo tensionado	***R2***

3. DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE RAS EN LA ESTRUCTURA

Se determinará teniendo en cuenta el tamaño y las condiciones de exposición de la estructura y el nivel de reactividad de la estructura resultante de la ***Tabla A2-2.1.***
El riesgo de ***RAS*** se indica en la ***Tabla A2-2.3.***

Tabla A2-2.3. **Riesgo de RAS**

Tamaño y condiciones de exposición del elemento estructural	Reactividad del agregado			
	R0	R1	R2	R3
No masivo y seco (1), (2)	1	1	2	3
Masivo y seco (1), (2)	1	2	3	4
Hormigón expuesto al aire húmedo, enterrado o sumergido (3)	1	3	4	5

(1) Se considera elemento masivo cuando posee una dimensión mínima superior a ***0,75 m.***
(2) Se considera ambiente seco cuando la humedad relativa ambiente promedio es menor a ***60%.***
(3) Un elemento de hormigón, inmerso continuamente en agua de mar no presenta un riesgo de ***RAS*** mayor que el de un elemento similar expuesto al aire húmedo, enterrado en el suelo o sumergido en aguas no salobres.
No deberían emplearse agregados potencialmente reactivos en hormigones expuestos a acetatos, formatos o hidróxidos alcalinos a menos que se demuestre que existen métodos efectivos para el control de la ***RAS***

4. DETERMINACIÓN DE LA CLASE DE ESTRUCTURA EN FUNCIÓN DE SU TIPOLOGÍA Y TOLERANCIA AL DAÑO POR RAS

Con la ***Tabla A2-2.4*** se determinará la clase de estructura teniendo en cuenta:

i) las consecuencias de la ***RAS*** sobre la seguridad, la economía o el ambiente, y

ii) la tolerancia al daño por ***RAS***

Tabla A2-2.4. Clase de estructura

Clase de estructura	Consecuencias de la RAS sobre la seguridad, economía o el ambiente	Grado de aceptación del deterioro provocado por la RAS	Ejemplos
S1	Despreciables	Algún deterioro puede ser tolerado	Elementos no estructurales de edificios Elementos no expuestos a humedad Estructuras temporarias (***vida útil < 5 años***)
S2	Moderadas (si el daño es importante)	Un riesgo moderado de RAS es aceptable	Veredas cordones y cunetas Estructuras con ***vida útil en servicio < 40 años***
S3	Considerables (si los daños son pequeños)	Un riesgo mínimo de RAS es aceptable	Pavimentos Elementos de fundación, muros de contención Alcantarillas, barreras de seguridad (New Jersey) Caminos rurales, de bajo tránsito Elementos premoldeados cuyos costos de reemplazo son excesivos Estructuras con ***vida útil en servicio entre 40 y 75 años***
S4	Graves (si los daños son pequeños)	La posibilidad de RAS no es tolerada	Puentes principales Plantas de generación eléctrica Presas Instalaciones nucleares Túneles Elementos críticos cuya inspección o reparación resulta muy difícil Estructuras con ***vida útil en servicio > 75 años***

5. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PREVENCIÓN REQUERIDO

En ***función del nivel de riesgo de RAS*** (***Tabla A2-2.3***) y la ***Clase de estructura a construir*** (***Tabla A2-2.4***), se debe definir el nivel de prevención requerido utilizando la ***Tabla A2-2.5.***

Tabla A2-2.5. Niveles de prevención requeridos

Riesgo de RAS	Clasificación de la estructura			
	S1	**S2**	**S3**	**S4**
1	V	V	V	V
2	V	V	W	X
3	V	W	X	Y
4	W	X	Y	Z
5	X	Y	Z	ZZ

6. MEDIDAS PRESCRIPTIVAS A UTILIZAR PARA PREVENIR LA RAS

Para el nivel de prevención resultante del artículo 5 de este Anexo, ***Tabla A2-2.5***, se debe adoptar alguna de las medidas preventivas indicadas en las ***Tablas A2-2.6 a A2-2.9***.

6.1. La ***Tabla A2-2.6*** indica el ***contenido máximo de álcalis admisible en el hormigón*** cuando esta es la única medida preventiva a aplicar según el artículo 2.2.16.15.b

Tabla A2-2.6. **Contenido máximo de álcalis en el hormigón**

Nivel de prevención	Contenido máximo de álcalis en el hormigón (kg de Na_2O_{eq}/m^3)
V	No se requiere ningún límite
W	3,0
X	2,4
Y	1,8
Z	Ver las ***Tablas A2-2.7 y A2-2.8***
ZZ	

6.2. La ***Tabla A2-2.7*** indica el contenido mínimo de ***AMA*** en el hormigón cuando esta es la única medida preventiva a aplicar según el artículo 2.2.16.15.c) y el contenido de álcalis equivalente del cemento está comprendido entre ***0,7 y 1,0 de*** Na_2O_{eq}.

Los valores de la ***Tabla A2-2.7*** se deben ajustar según la ***Tabla A2-2.9***, teniendo en cuenta el contenido de álcalis del cemento.

Tabla A2-2.7. **Contenido mínimo de AMA en el material cementicio.**

Tipo de AMA	Contenido de álcalis de la AMA (% Na_2O_{eq})	Contenido mínimo de AMA en el ligante (% en masa) para diferentes niveles de prevención				
		W	X	Y	Z	ZZ
Ceniza volante (CaO ≤ 18 %)	< 3,0	15	20	25	35	Ver la Tabla A2-2.8
	3,0 - 4,5	20	25	30	40	
Escoria granulada de alto horno	< 1,0	25	35	50	65	
Humos de sílice (Si_2O ≥ 85 %) (1)	< 1,0	2,0 x AH	2,5 x AH	3,0 x AH	4,0 x AH	

(1) ***AH***: Contenido de álcalis del hormigón (kg de Na_2O_{eq}/m^3). El contenido de humo de sílice debe ser ≥ ***7%***.

6.3. La ***Tabla A2-2.8*** da una alternativa de prevención para los ***niveles Z y ZZ,*** consistente en limitar el contenido de álcalis en el hormigón e incorporar una ***AMA.***

Tabla A2-2.8. Alternativa de prevención de RAS para los niveles Z y ZZ

Nivel de prevención	Acción preventiva requerida frente a la RAS		
	Uso de AMA como único método preventivo	Limitar el contenido de álcalis en el hormigón e incorporar una AMA en cantidad suficiente	
	Nivel mínimo de reemplazo	Contenido máximo de álcalis en el hormigón (kg de Na_2O_{eq}/m^3)	Nivel mínimo de reemplazo de la AMA
Z	Corresponde al nivel Z (***Tabla A2-2.7***)	1,8	Corresponde al nivel Y (***Tabla A2-2.7***)
ZZ	No está permitido	1,8	Corresponde al nivel Z (***Tabla A2-2.7***)

6.4. En la aplicación de las ***Tablas A2-2.6*** hasta ***A2-2.9***, cuando el ***cemento a emplear*** sea de tipo ***CPN*** o ***CPF***, se debe considerar el ***contenido total de álcalis del cemento***, determinado según la norma ***ASTM C 114***. A los efectos indicados en los artículos 6.1 y 6.3 de este Anexo, cuando se utilicen cementos con ***ceniza volante o escoria de alto horno***, utilizadas como ***adición principal***, el contenido de álcalis a considerar será el que corresponda a la fracción "***clínker + filler + yeso",*** información que deberá ser brindada por el Fabricante de cemento. No se deberá considerar el ***contenido de álcalis de las adiciones minerales activas***. En estos casos, el Director de Obra deberá verificar, mensualmente, el cumplimiento de esta condición durante el transcurso de la obra. A ese efecto, el Contratista deberá presentar los correspondientes protocolos del Fabricante. Si no se disponen los datos solicitados al Fabricante o a solicitud del Director de Obra, se debe hacer la ***determinación de álcalis sobre una muestra de cemento representativa a utilizar***.

Tabla A2-2.9. Correcciones a los contenidos mínimos de AMA indicados en la Tabla A2-2.7

Contenido de álcalis del cemento (% de Na_2O_{eq})	El contenido mínimo de AMA:
< 0,70	Podrá corresponder al nivel de prevención inmediato inferior al recomendado en la ***Tabla A2-2.7***
0,70 a 1,00	Corresponde al nivel de prevención recomendado en la ***Tabla A2-2.7***
1,00 a 1,25	Corresponde al nivel de prevención inmediato superior al recomendado en la ***Tabla A2-2.7***
> 1,25	No se dan recomendaciones

Tabla A2-2.10. Determinación petrográfica según IRAM 1649

Reacción	Minerales potencialmente reactivos
Reacción álcali-sílice (RAS)	Cuarzo fuertemente tensionado y/o microfracturado y/o cuarzo microcristalino con tamaño de grano promedio menor que ***62 μm***
	Calcedonia
	Tridimita
	Cristobalita
	Ópalo
	Vidrio volcánico
Reacción álcali-carbonato (RAC)	Dolomita (tamaño de grano promedio menor que 50 μm)

6.5. Para poder evaluar una ***medida prestacional con el método acelerado de la barra de mortero***, mencionada en el artículo 2.2.16.14, se debe verificar primero que el método es sensible para determinar la reactividad de ese agregado. Para caracterizar la respuesta de los agregados se debe evaluar cada uno por separado, utilizando el método acelerado de la barra de mortero (IRAM 1674) y el método del prisma de hormigón tradicional a ***38°C***, ***1 año de duración*** (IRAM 1700). En ambos casos se emplea un ***cemento CPN*** con un ***contenido de álcalis equivalente*** de ***0,9 ± 0,1%.*** Cuando se evalúa un ***agregado grueso*** con el método del prisma de hormigón, el agregado fino debe ser no reactivo y viceversa cuando se evalúa un agregado fino. El contenido de álcalis en el hormigón debe ser de ***5,25 kg/m³.*** Si las expansiones registradas con ambos métodos caen dentro de la zona indica en la ***Figura A2-2.1***, se considera que el método acelerado de la barra de mortero es adecuado para evaluar la medida preventiva.

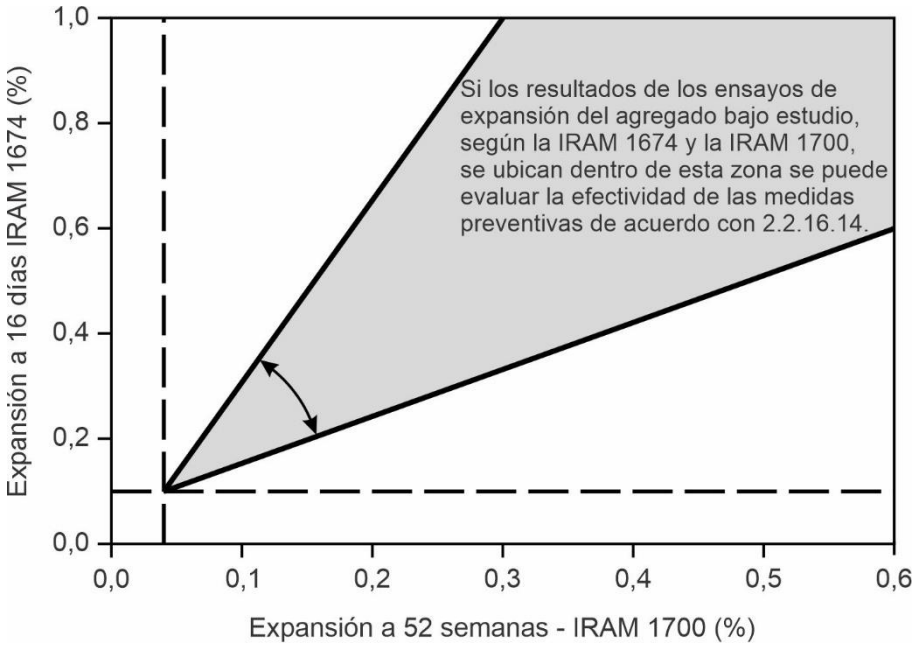


Figura A2-2.1. Zona en la cual deben estar comprendidos los agregados en estudio para poder evaluar la efectividad de las medidas preventivas.

ANEXO A2-3. AGRESIVIDAD DE LAS DISTINTAS SUSTANCIAS QUÍMICAS AL HORMIGÓN

Tabla A2-3. AGRESIVIDAD DE LAS DISTINTAS SUSTANCIAS QUÍMICAS AL HORMIGÓN (Reproducida del ACI 201-16)

Velocidad de degradación a temperatura ambiente	Ácidos inorgánicos	Ácidos orgánicos	Soluciones alcalinas	Soluciones salinas	Otros
Rápido	Clorhídrico Flurhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico		Cloruro de aluminio	
Moderado	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de sodio > 20%	Nitrato de amonio Sulfato de amonio Sulfato de sodio Sulfato de magnesio Sulfato de calcio	
Lento	Carbónico		Hidróxido de sodio 10-20 % Hipoclorito de sodio	Cloruro de magnesio Cloruro de sodio Cloruro de amonio	Agua de mar Aguas blandas
Sin ataque		Oxálico Tartárico	Hidróxido de sodio < 10%	Cloruro de sodio	Amoniaco líquido

CAPÍTULO 3. MATERIALES

3.0. SIMBOLOGÍA

A_t alargamiento de rotura bajo carga, para cordones de ***2, 3 y 7 alambres*** para estructuras de hormigón pretensado, en %.

A_{10} alargamiento porcentual de rotura, medido sobre una longitud igual ***a 10 veces*** el diámetro de la barra o alambre de acero, en %.

f_{pu} resistencia a la tracción especificada del ***acero de pretensado*** (corresponde a la resistencia a tracción, norma IRAM-IAS), en MPa.

f_{py} tensión de fluencia especificada del ***acero de pretensado*** (corresponde al límite de fluencia al ***1%*** de alargamiento total, norma IRAM-IAS), en MPa.

f_y tensión de fluencia especificada de la armadura longitudinal ***no tesa*** (corresponde al límite de fluencia, norma IRAM-IAS), en MPa.

f_{yt} tensión de fluencia especificada de la armadura transversal ***no tesa*** (corresponde al límite de fluencia, norma IRAM-IAS), en MPa.

L_0 longitud de referencia para medir el alargamiento de rotura de los alambres, en mm.

Q_t carga de rotura en cordones de ***2, 3 y 7 alambres*** para estructuras de ***hormigón pretensado***, en kN.

Q_1 carga al ***1 %*** de alargamiento total, en cordones de ***2, 3 y 7 alambres*** para estructuras de hormigón pretensado, en kN.

$S_{máx}$ área de la sección nominal transversal del alambre de mayor diámetro de la unión de una malla soldada, en mm^2.

3.1. CEMENTOS

C 3.1. CEMENTOS

3.1.1. Requisitos generales

Para la ejecución de estructuras de hormigón simple, armado o pretensado, se deben utilizar cementos que cumplan la Resolución 54/2018 de la Secretaría de Comercio de la Nación. El cemento debe cumplir con

los requisitos especificados, para su tipo, en la norma ***IRAM 50000: 2017*** y su modificación ***2021***. Dichos cementos se detallan en la ***Tabla 3.1.***

Tabla 3.1. Tipos de cemento. Requisitos generales.

Tipo de Cemento	Nomenclatura
Cemento pórtland normal	CPN
Cemento pórtland con filler calcáreo	CPF
Cemento pórtland puzolánico	CPP
Cemento pórtland con escoria	CPE
Cemento pórtland compuesto	CPC
Cemento de alto horno	CAH

3.1.2. Requisitos especiales

3.1.2.1. Cuando las condiciones particulares debidas a la tipología estructural, el método constructivo, las características de los agregados y/o las condiciones de exposición de la estructura requieran el uso de ***cementos con propiedades especiales***, se deben emplear cementos que cumplan con lo establecido en el Capítulo 2 y en el artículo 3.1.2.2 de este Reglamento.

3.1.2.2. Cuando se requieran cementos con propiedades especiales, los mismos deben cumplir la norma ***IRAM 50001: 2017*** y su modificación ***2019***. Dichos cementos se detallan en la ***Tabla 3.2.***

Tabla 3.2. Tipos de cemento. Requisitos especiales.

Tipo de Cemento	Nomenclatura
Cemento moderadamente resistente a los sulfatos	MRS
Cemento altamente resistente a los sulfatos	ARS
Cemento de bajo calor de hidratación	BCH
Cemento resistente a la reacción álcali-agregado	RRAA
Cemento de alta resistencia inicial	ARI
Cemento blanco	B

3.1.2.3. En una misma pieza o elemento estructural ***no se permite el empleo de cementos de distintos tipos o marcas***.

3.1.3. Provisión y almacenamiento del cemento

C 3.1.3. Provisión y almacenamiento del cemento

3.1.3.1. El ***cemento*** se debe proteger de la humedad durante el transporte y el almacenamiento en obra.

El cemento entregado a granel se debe almacenar en silos adecuados, limpios, secos y bien ventilados,

capaces de protegerlo contra la acción de la intemperie. Los silos deberán ser inspeccionados a intervalos no mayores de ***1 año*** a fin de verificar su estanquidad frente al pasaje de agua.

El cemento envasado se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo a una distancia de ***15 cm***. La altura del acopio será igual o menor que ***10 bolsas.***

Los cementos de distinto tipo, marca o partida, se deben almacenar en forma separada y por orden cronológico de llegada, y su empleo se debe realizar en el mismo orden.

3.1.3.2. Al ingresar a la hormigonera el cemento, no debe presentar grumos y su temperatura debe ser menor de ***70 ºC.***

3.1.3.3. Si el cemento estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de ***30 días*** en bolsas originales cerradas o de ***180 días*** en bolsones de plástico doble, de capacidad igual o mayor a ***1000 kg***, o ***1 año*** en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de hidratación, antes de su empleo, el Director de Obra deberá verificar si se ha producido alguna alteración en sus propiedades.

C 3.1.3.3. Entre las alternativas disponibles para verificar que el cemento, a pesar del tiempo de estiba en obra, mantiene sus propiedades iniciales, es posible realizar un ***ensayo térmico diferencial (DTA)*** o recurrir a la realización de ensayos en morteros u hormigones, comparando el desempeño de la muestra almacenada en obra, sujeta a evaluación, con otra tomada como referencia (despacho reciente).

3.1.3.4. La procedencia (tipo y fábrica) del cemento que se utilice en la obra, debe ser la misma del cemento empleado para determinar las proporciones y características del hormigón según se establece en el ***Capítulo 4***.

3.2. AGREGADOS

C 3.2. AGREGADOS

3.2.1. Campo de validez

C 3.2.1. Campo de validez

Estas especificaciones se refieren ***con exclusividad a agregados*** que posean una densidad relativa aparente, en estado saturado superficie seca, comprendida entre ***2,00*** y ***3,30***; procedentes de la desintegración natural o de la trituración de rocas. En el ***Capítulo 9*** se tratan los ***agregados reciclados*** obtenidos de la trituración y clasificación de residuos de hormigón.

No incluye a los agregados artificiales obtenidos como subproductos industriales o por fabricación, ni a los empleados en la elaboración de hormigones livianos o pesados.

Los requisitos para agregados naturales pueden aplicarse para los hormigones pesados.

En general, la densidad de los agregados se encuentra comprendida entre ***2,50 y 3,00***.

3.2.2. Requisitos generales

3.2.2.1. Los agregados para emplear en la ejecución de hormigones, no deben contener ***sustancias que afecten la resistencia y/o durabilidad del hormigón*** o que ataquen al acero.

3.2.2.2. Cuando los agregados contengan minerales capaces de reaccionar con los álcalis, será de aplicación lo establecido en el artículo 2.2.16.

3.2.2.3. Cuando los agregados provengan de canteras de ***rocas basálticas,*** deben ser sometidos a evaluaciones para determinar su ***potencial alterabilidad por presencia de arcillas expansivas***, según la norma ***IRAM 1519:1982***.

a) Las rocas basálticas en la granulometría especificada en la norma ***IRAM 1519:1982***, que después de ***30 días*** de inmersión en etilenglicol tengan una ***pérdida menor del 10 %***, se consideran aptos para emplear en la preparación de morteros u hormigones.

b) Las rocas basálticas en la granulometría especificada en la norma ***IRAM 1519:1982***, que después de ***30 días*** de inmersión tenga una ***pérdida mayor del 10 % y menor del 30 %***, podrán ser utilizadas siempre que, habiendo sido empleado en estructuras similares, expuestas durante más de ***25 años*** a condiciones de clima y humedad similares o más rigurosas a los de la obra a construir, haya dado prueba de comportamiento satisfactorio en la evaluación según norma ***IRAM 1874-3:2004***.

c) Las rocas basálticas en la granulometría especificada en la norma ***IRAM 1519:1982***, que después de ***30 días*** de inmersión tenga una ***pérdida mayor del 30 % no podrán ser utilizadas***.

3.2.2.4. Cuando los materiales disponibles ***no cumplan*** con las condiciones establecidas en este Reglamento, el ***Director de Obra podrá autorizar su utilización*** siempre que estudios completos de laboratorio, confirmados con el análisis del comportamiento de obras en servicio durante períodos de tiempo ***similares a los de la vida en servicio prevista para la obra en ejecución***, demuestren que pueden obtenerse hormigones de calidad adecuada para satisfacer los requisitos en el estado fresco y de resistencia, estabilidad volumétrica y durabilidad del hormigón y de las armaduras.

C 3.2.2. Requisitos generales

C 3.2.2.3. Hasta el momento no se conocen antecedentes de obras en las que se hayan empleado agregados finos, provenientes de la trituración de rocas basálticas, y que hayan resultado afectadas debido a la presencia de arcillas expansivas.

3.2.3. Agregado fino

3.2.3.1. Requisitos generales

a) El ***agregado fino*** debe estar constituido por arenas naturales (partículas redondeadas), arenas de trituración (partículas angulosas) o por una mezcla de ambas.

b) Cuando se utilice más del ***30 % de arena de trituración*** para la construcción de ***elementos estructurales*** que superen los ***2 m*** de altura o que estarán sometidos a abrasión, erosión o cavitación, la ***exudación de agua del hormigón*** debe cumplir con el artículo 4.1.4.

c) En el agregado fino a utilizar en la elaboración de hormigones de ***resistencia H-20 o superior,*** el contenido de conchillas o fragmentos de las mismas debe ser menor que ***30 %,*** determinadas en el análisis petrográfico según la norma ***IRAM 1649: 2008***.

3.2.3.2. Granulometría del agregado fino

a) La granulometría del agregado fino se debe determinar clasificando sus partículas mediante los tamices de abertura cuadrada***: IRAM 9,5 mm; IRAM 4,75 mm; IRAM 2,36 mm; IRAM 1,18 mm; IRAM 600 µm; IRAM 300 µm e IRAM 150 µm.***

b) El agregado fino debe tener una granulometría continua, dentro de los límites que determinan las ***granulometrías A*** y ***B*** de la ***Tabla 3.3***, con las excepciones indicadas en f); y el módulo de finura debe ser igual o mayor que ***2,3*** e igual o menor que ***3,1***. El agregado fino de la granulometría especificada se puede obtener mezclando dos o más arenas de distinta granulometría.

c) Los porcentajes de la ***granulometría A*** indicados para los tamices de ***300 µm*** y ***150 µm*** de abertura se pueden reducir a ***5 % y 0 %,*** respectivamente, si el agregado fino está destinado a hormigones:

- Con un contenido unitario de cemento igual o mayor de ***280 kg/m³*** y con un contenido de aire intencionalmente incorporado en su masa igual o mayor de ***3,0 %.***

- Con un contenido unitario de cemento igual o mayor de ***300 kg/m³*** y sin aire incorporado en su masa.

- En los que se emplee una adición mineral adecuada para corregir la granulometría de la arena.

C 3.2.3. Agregado fino

C 3.2.3.2. Granulometría del agregado fino

C 3.2.3.2 b). El control de granulometría, a los fines prácticos, se efectiviza a través de la ***"composición" de las fracciones***, en sus correspondientes % de participación relativa.

d) Si la granulometría excede hasta diez (***10***) unidades porcentuales a los límites de la ***curva B*** en el conjunto de tamices ***IRAM 1,18 mm, 600 µm; 300 µm***, se considera que el agregado cumple los requisitos granulométricos especificados.

Las diez (***10***) unidades porcentuales mencionadas pueden comprender a un (***1***) solo tamiz o formarse por suma de las unidades porcentuales que exceden los límites de más de uno de los tres (***3***) tamices indicados.

e) La fracción retenida entre dos tamices consecutivos cualesquiera de los indicados en la ***Tabla 3.3***, debe ser igual o menor que el ***45 %,*** referido a la muestra total.

Cuando no se cumpla con este requisito se podrá emplear el agregado fino si se demuestra previamente que se pueden elaborar hormigones que reúnan las características y propiedades especificadas para la obra en ejecución.

C 3.2.3.2.e). Este requisito tiene como propósito ***evitar el empleo de un agregado fino monogranular***.

f) En los ***hormigones de resistencia igual o menor que H-20*** se pueden emplear arenas naturales cuyas granulometrías se encuentren entre los límites determinados por las ***curvas A y C***, siempre que existan estudios de laboratorio que demuestren que el hormigón puede cumplir los requisitos del proyecto o bien, antecedentes de obras similares con comportamiento en servicio satisfactorio.

g) Si el módulo de finura del agregado fino varía más de ***0,20*** en más o en menos con respecto al del material empleado para determinar las proporciones del hormigón (dosificación), la partida de agregado fino debe ser rechazada, salvo que se realicen ajustes en las proporciones de la mezcla con el objeto de compensar el efecto de la mencionada variación de granulometría.

Tabla 3.3. Granulometrías del agregado fino.

Tamices de mallas cuadradas IRAM 1501-2/ NM-ISO 565	Porcentaje máximo que pasa, en masa		
	Granulometría		
	A	B	C
9,5 mm	100	100	100
4,75 mm	95	100	100
2,36 mm	80	100	100
1,18 mm	50	85	100
600 µm	25	60	95
300 µm	10	30	50
150 µm	2	10	10

3.2.3.3. Sustancias nocivas

a) La presencia de sustancias que perjudican algunas de las propiedades del hormigón, expresadas en porcentaje de la masa de la muestra, no deben exceder los límites que se indican en la ***Tabla 3.4.***

b) Con respecto a ***"otras sustancias perjudiciales",*** rige lo expresado en el artículo 3.2.4.3.d.

Tabla 3.4. Sustancias nocivas en el agregado fino.

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo admisible	Método de Ensayo
Terrones de arcilla y partículas friables	g/100g	3,0	IRAM 1647
Finos que pasan el Tamiz IRAM 75 µm (1) Hormigón expuesto a desgaste superficial Otros hormigones		3,0 5,0	IRAM 1540
Materias carbonosas Cuando es importante el aspecto superficial Otros casos		0,5 1,0	IRAM 1647
Sulfatos, expresados como SO_3		0,1	IRAM 1647
Otras sales		1,5	IRAM 1647
Cloruros	----	Ver 2.2.8	IRAM 1882
Otras sustancias perjudiciales (2)	g/100g	2,0	IRAM 1649

(1) Cuando se trate de arena de trituración los % de finos que pasan el ***tamiz 75 µm*** se podrán incrementar en ***2 puntos porcentuales.***

(2) El concepto "otras sustancias perjudiciales" incluye pizarras y micas, las que se deben determinar mediante el análisis petrográfico según la norma IRAM 1649:2008.

3.2.3.4. Materia orgánica

a) El índice colorimétrico en el ensayo según la norma ***IRAM 1647 :2020*** y su modificación ***2021***, debe ser menor de ***500 mg/kg (500 ppm).***

b) Si el agregado fino no cumple la condición anterior debe ser rechazado, excepto si, al ser sometido a un ensayo comparativo de resistencia de morteros arroja una resistencia a compresión, a la edad de ***7 días***, no inferior al ***95 %*** de la que desarrolle el mortero patrón, según lo indicado en la norma ***IRAM 1512:2013***.

3.2.3.5. Estabilidad frente a una solución de sulfato de sodio

Cuando se trate de estructuras que estarán expuestas a ciclos de congelación y deshielo (***C1, C2, Tabla 2.5***), el agregado fino debe ser ensayado según la norma ***IRAM 1525:1985*** y cumplir con los siguientes requisitos:

C 3.2.3.5. Estabilidad frente a una solución de sulfato de sodio

C 3.2.3.5. Se indican algunos ejemplos de estructuras en las que se debe cumplir el requisito establecido en el artículo 3.2.3.5: estructuras expuestas al medio ambiente exterior (tabiques de fundación sobre el suelo, muros de contención, estribos, pilares y vigas), estructuras

a) La pérdida en masa del agregado fino debe ser menor del ***10 %*** .

b) Si no se cumple lo requerido en ***a),*** el agregado podrá ser utilizado siempre que, habiendo sido empleado en estructuras similares, expuestas durante más de ***25 años*** a condiciones de clima y humedad similares o más rigurosas a los de la obra a construir, haya dado prueba de comportamiento satisfactorio en la evaluación según la norma ***IRAM 1874-1:2004***.

c) Si no se cumple lo requerido en ***a)*** y no se dispone de la información para evaluar el comportamiento en servicio según se indica en ***b),*** se deberán realizar ensayos de congelación y deshielo, de acuerdo con la norma ***IRAM 1661:1970***, sobre hormigones de características similares a los que se emplearán en obra, elaborados con el agregado en estudio. El comportamiento del agregado fino será satisfactorio si el factor de durabilidad es igual o mayor que ***80 %.***

expuestas a mojado frecuente (pavimentos, cordones, tableros de puentes, pisos de garajes, pisos exteriores y estructuras ribereñas) y el hormigón arquitectónico expuesto.

En el caso de elementos estructurales tales como fundaciones, columnas y vigas no expuestas al medio ambiente exterior, losas de pisos cubiertos y pisos interiores sin cubrir, no se debería exigir el requisito especificado en el artículo 3.2.3.5 dado que no estarán expuestos a los factores que promueven la degradación por ciclos de congelación y deshielo.

3.2.4. Agregado grueso

C 3.2.4. Agregado grueso

3.2.4.1. Requisitos generales

a) El ***agregado grueso*** (retenido por el ***tamiz IRAM 4,75 mm*** -norma ***IRAM 1569:1990***) podrá ser de origen natural (canto rodado natural o partido, roca partida o mezcla de dichos materiales) o mixto (mezcla de agregado grueso natural y agregado grueso reciclado). Deben estar constituidos por partículas resistentes y durables, de forma y tamaño estables, y no deben contener sustancias nocivas en proporciones mayores que las permitidas en la ***Tabla 3.6.***

b) El contenido en masa de partículas constituidas por conchillas o fragmentos de las mismas, determinadas en el análisis petrográfico según la norma ***IRAM 1649:2008***, debe ser igual o menor que ***15 %, 5 % y 2 %*** en masa, para los agregados con tamaño nominal ***13,2 mm, 26,5 mm*** y ***37,5 mm*** respectivamente.

3.2.4.2. Granulometría del agregado grueso

C 3.2.4.2. Granulometría del agregado grueso

a) Al ingresar a la hormigonera, el agregado grueso tendrá una granulometría comprendida dentro de los límites que para cada tamaño nominal se indican en la ***Tabla 3.5***.

b) Los límites aplicables al caso de ***hormigones masivos*** se indican en el ***Capítulo 9***.

c) Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea igual o mayor a ***37,5 mm***, éste debe estar constituido por una mezcla de dos (2) o más fracciones, que cumplan con todo lo indicado en este Reglamento, incluyendo los límites granulométricos dados en la ***Tabla 3.5***.

C 3.2.4.2.c) Este requisito tiene el propósito de facilitar el cumplimiento de la granulometría del conjunto a lo largo de la obra, poder corregirla mediante variaciones de las proporciones relativas con que entra cada uno de los componentes y ayudar a evitar la segregación de partículas en el acopio. Para ello, las fracciones componentes deben tener graduaciones adecuadas al mencionado objetivo.

d) Como alternativa a lo indicado en ***c),*** cada una de las fracciones que componen el agregado grueso podrá adecuarse a límites granulométricos distintos de los establecidos en la ***Tabla 3.5***, siempre que ellos estén avalados por el Director del Proyecto o por el Director de Obra. Pero en todos los casos, el agregado mezcla resultante debe cumplir con los límites de la ***Tabla 3.5***.

e) El tamaño máximo nominal del agregado grueso debe ser menor a:

- ***1/3*** del espesor en una losa ó ***1/5*** de la menor dimensión lineal en cualquier otro elemento estructural.
- ***3/4*** de la mínima separación libre horizontal o vertical entre dos barras contiguas de armaduras, o entre grupos de barras paralelas en contacto directo que actúen como una unidad.
- ***3/4*** del espesor de recubrimiento de las armaduras.

Tabla 3.5. Granulometrías del agregado grueso.

Tamaño Nominal	Porcentajes en masa que pasan por los tamices IRAM de mallas cuadradas								
	63,0 mm	53,0 mm	37,5 mm	26,5 mm	19,0 mm	13,2 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm
53,0 a 4,75	100	95 a 100	---	35 a 70	---	15 a 30	---	0 a 5	---
37,5 a 4,75	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---
26,5 a 4,75	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5
19,0 a 4,75	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5
13,2 a 4,75	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
53,0 a 26,5	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---
37,5 a 19,0	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---

3.2.4.3. Sustancias nocivas

a) La presencia de ***sustancias que perjudican a algunas de las propiedades del hormigón***, expresadas en porcentaje de la masa de la muestra, no debe exceder los límites que se indican en la ***Tabla 3.6***.

C 3.2.4.3. Sustancias nocivas

Las partículas de agregados densos y sanos pueden tener recubrimientos superficiales, constituidos por incrustaciones de limo y arcilla, y/o precipitaciones de carbonato de calcio, sílice, yeso y óxidos metálicos. Ellos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

b) El límite máximo de finos que pasan el ***tamiz IRAM 75 µm***, indicado en la ***Tabla 3.6***, se puede reemplazar por el valor indicado en el punto c).

c) Si el ***contenido de finos en la arena*** es menor que el máximo admitido en la ***Tabla 3.4***, el máximo admisible de la ***Tabla 3.6*** se podrá reemplazar por el valor resultante de la siguiente expresión:

$$L_{FAG} = 1 + [P_{FAF} (L_{FAF} - C_{FAF}) / (100 - P_{FAF})]$$

siendo:

L_{FAG} el límite máximo admisible de finos que pasan el tamiz ***IRAM 75 µm***, que reemplaza al especificado para el agregado grueso en la ***Tabla 3.6.***

P_{FAF} el porcentaje de agregado fino respecto del total de agregados.

L_{FAF} el límite máximo admisible de finos que pasan el tamiz ***IRAM 75 µm***, especificado para el agregado fino en la ***Tabla 3.4.***

C_{FAF} contenido de finos que pasan el tamiz ***IRAM 75 µm*** determinado mediante ensayos.

d) En los casos en que los agregados presenten ***películas adheridas (IRAM 1649:2008)***, la ***identificación petrográfica*** debe incluir la determinación de la naturaleza de las mismas. En función de su naturaleza el Director del Proyecto o el Director de Obra deben realizar los estudios necesarios para establecer si las mismas son perjudiciales.

i. Sustancias solubles, deletéreas o inocuas, que se disuelven durante el mezclado.

ii. Sustancias insolubles, inocuas o tolerables, que se desprenden durante el mezclado. Pueden alterar la granulometría o incrementar la demanda de agua.

iii. Sustancias químicamente inocuas pero cuya adherencia a la partícula de agregado es menor que a la pasta. Provocan una disminución de la resistencia del hormigón.

iv. Sustancias inocuas y fuertemente adheridas al agregado. No afectan a las propiedades del hormigón ni en estado fresco ni en estado endurecido.

Algunos recubrimientos del ***Grupo i)*** pueden ser reactivos con los productos de hidratación del cemento y disminuyen la durabilidad. Es el caso de sulfatos, fosfatos y sílice (***RAS***). Son de aplicación las especificaciones contenidas en este Reglamento para evaluar su agresividad.

Otros recubrimientos del ***Grupo i)*** pueden producir eflorescencias y manchas que afectan el aspecto superficial del hormigón. El Director del Proyecto, en acuerdo con el Comitente, debe determinar si estos efectos son admisibles.

Los recubrimientos blandos o friables, no reactivos con el cemento, pueden afectar la adherencia pasta-agregado **(*Grupo iii)*.** Si son removidos durante el mezclado, pueden modificar la granulometría y/o aumentar el requerimiento del agua de mezclado y la inestabilidad volumétrica ***(Grupo ii)*.** Si no producen ninguno de estos efectos deben considerarse inocuos, como es el caso del polvo removido durante el mezclado. Cuando produzcan efectos perjudiciales se puede evaluar su magnitud mediante ensayos comparativos de morteros u hormigones, según corresponda.

Tabla 3.6. Sustancias nocivas contenidas en el agregado grueso.

Sustancias nocivas	Unidad	Máximo Admisible	Método de Ensayo
Finos que pasan el tamiz ***IRAM 75 µm*** (1) - Grava y grava partida - Piedra partida	g/100 g	1,0 1,5	IRAM 1540
Terrones de arcilla y partículas friables	g/100 g	2,0	IRAM 1647
Ftanita (chert) como impureza. (2) - Elementos de hormigón visto (hormigón arquitectónico) expuesto a ciclos de congelación y deshielo ***(C1 y C2)*** - Elementos estructurales expuesto a ciclos de congelación y deshielo ***(C1 y C2)***	g/100 g	3,0 5,0	IRAM 1649
Suma de los porcentajes de "Terrones de arcilla y partículas friables" y "Ftanita (Chert)"	g/100 g	5,0	-
Materias carbonosas: (3) - Cuando la superficie del elemento estructural pueda resultar dañada por la presencia de partículas livianas: estructuras expuestas a ciclos de congelación y deshielo ***(C1, C2)*** (1) o losas sujetas a abrasión (pavimentos, pisos, veredas, entre otros), o ambas - Otros casos	g/100 g	0,5 1,0	IRAM 1647
Otras sustancias perjudiciales (4)	g/100 g	5,0	IRAM 1649
Sulfatos, expresados como SO_3	g/100 g	0,075	IRAM 1647
Otras sales	g/100 g	1,5	IRAM 1647
Cloruros	------	Ver 2.2.8	IRAM 1882
Sustancias perjudiciales provenientes de agregados reciclados		Ver cap. 9	

(1) Los límites especificados podrán modificarse según lo indicado en 3.2.4.3.b).
(2) Chert con densidad relativa menor a 2,4
(3) Se consideran materias carbonosas a las partículas livianas que pueden ser clasificadas como carbón o lignito o a aquellas que, debido a su baja densidad (alta porosidad) pueden perjudicar la resistencia del hormigón o dañar su estructura, especialmente cuando las partículas se hallan próximas a la superficie expuesta del elemento estructural, ya sea cuando la solicitación sobre esta es severa (riesgo de congelación o desgaste) o cuando interesa el aspecto estético (hormigón arquitectónico)
(4) El concepto "otras sustancias perjudiciales" incluye pizarras, micas y lo indicado en 3.2.4.3.d), las que se deben determinar mediante el análisis petrográfico según la norma IRAM 1649.

3.2.4.4. Estabilidad frente a solución de sulfato de sodio

a) Cuando se trate de estructuras expuestas a ciclos de ***congelación y deshielo*** (***C1, C2, Tabla 2.5)*** el agregado grueso deberá tener una pérdida de masa igual o menor que ***12 %*** de acuerdo con la norma ***IRAM 1525:1985***.

C 3.2.4.4. Estabilidad frente a solución de sulfato de sodio

Las estructuras expuestas al medio ambiente exterior (tabiques de fundación sobre el suelo, muros de contención, estribos, pilares y vigas), las estructuras expuestas a mojado frecuente (pavimentos, cordones, tableros de puentes,

b) Si no se cumple lo requerido en ***a)*** el agregado podrá ser utilizado siempre que, habiendo sido usado en estructuras similares, ***expuestas durante más de 25 años a condiciones de clima y humedad similares*** o más rigurosos a los de la obra a construir, haya dado prueba de comportamiento satisfactorio en la evaluación de acuerdo con la norma ***IRAM 1874-1:2004***.

c) Si no se cumple lo requerido en ***a)*** y no se dispone de la información para evaluar el comportamiento en servicio según se indica en ***b),*** se deberán realizar ensayos de congelación y deshielo, de acuerdo con la norma ***IRAM 1661:1970***, sobre hormigones de características similares a los que se emplearán en obra, elaborados con el agregado en estudio. El comportamiento del agregado será satisfactorio si el factor de durabilidad es mayor o igual que ***80 %.***

3.2.4.5. Resistencia a la fragmentación por el método "Los Angeles"

a) Al ser ensayado según la norma ***IRAM 1532:2009***, el ***agregado grueso*** tendrá una pérdida de masa igual o menor que el ***50 %.***

b) En el caso de hormigones expuestos a abrasión debida al transporte vehicular intenso, resbalamiento de materiales a granel y escurrimiento rápido de agua con elementos en suspensión, el agregado grueso, debe arrojar una pérdida igual o menor al ***30 %,*** según la norma ***IRAM 1532:2009***.

3.2.4.6. Partículas lajosas y elongadas

La cantidad de partículas lajosas y elongadas, determinadas según la norma ***IRAM 1687-1:1996*** e ***IRAM 1687-2:1997***, debe ser igual o menor que los valores que se indican en la ***Tabla 3.7.***

pisos de garages, pisos exteriores y estructuras ribereñas) y el hormigón arquitectónico expuesto deben cumplir con el requisito establecido en el artículo 3.2.4.4.

En el caso de elementos estructurales tales como fundaciones, columnas y vigas no expuestas al medio ambiente exterior, losas de pisos cubiertos y pisos interiores sin cubrir, no se deben exigir el requisito especificado en el artículo 3.2.4.4 dado que no estarán expuestos a los factores que promueven la degradación por ciclos de congelación y deshielo.

Tabla 3.7. Valores límites de partículas lajosas y/o elongadas.

Partículas	Contenido máximo de partículas lajosas y/o elongadas (%)	
	Hormigones de uso general	Hormigones de clase igual o mayor a H-50
Lajosas	30	25
Elongadas	45	40
Cuando los materiales disponibles no cumplan con los límites establecidos en esta tabla para partículas elongadas el Director de Obra podrá autorizar su utilización siempre que estudios completos de laboratorio y obra demuestren que pueden obtenerse hormigones de calidad adecuada para satisfacer los requisitos en estado fresco y de resistencia, estabilidad volumétrica y durabilidad del hormigón y de las armaduras.		

3.2.5. Acopio y manipuleo de agregados

3.2.5.1. Los ***agregados finos y gruesos*** se deben almacenar y emplear en forma tal que se evite la segregación de partículas, la contaminación con sustancias extrañas y el mezclado de agregados de distintas fracciones. Para asegurar el cumplimiento de estas condiciones, los ensayos para verificar las exigencias de limpieza y granulometría se deben realizar sobre muestras extraídas en el lugar de medición de los mismos, previo a su ingreso a la mezcladora.

3.2.5.2. Se debe evitar el manipuleo y transporte de los agregados mediante métodos, procedimientos y equipos que produzcan la rotura, desmenuzamiento o segregación de las partículas que los constituyen.

3.2.5.3. Para evitar su contaminación, los agregados se deben acopiar sobre un piso de apoyo constituido por una capa del mismo material de un espesor mínimo de ***30 cm***, la cual no se debe emplear para la elaboración de hormigón, o en su defecto por un hormigón pobre de un espesor no menor de ***10 cm***, ejecutado sobre suelo compactado.

3.3. AGUA PARA MORTEROS Y HORMIGONES

C 3.3. AGUA PARA MORTEROS Y HORMIGONES

3.3.1. Requisitos

El agua empleada para lavar los agregados, mezclar y curar el hormigón debe cumplir los requisitos establecidos en la norma ***IRAM 1601:2012***.

En caso de disponer de agua que ***no cumpla*** los requisitos de la norma ***IRAM 1601***, el Director de Obra podrá autorizar su empleo si se demuestra, mediante ensayos prestacionales comparativos en morteros u hormigones, ***que su empleo no perjudica el fraguado, la resistencia y la durabilidad del hormigón.***

C 3.3.1. Requisitos

Se considera que el agua potable es apta para la elaboración de hormigones.

Cuando el contenido de ***sulfatos (SO_4^{2-}) del agua de amasado*** exceda el límite indicado en la ***IRAM 1601:2012***, se podrá aceptar que su impacto no produce consecuencias negativas para el hormigón si la expansión del mortero elaborado según la norma ***ASTM C1038/1038M***, a ***14 días*** de edad, es inferior a ***0,02 %.***

Cuando el contenido de ***cloruros (Cl^-) del agua de amasado*** exceda los límites indicados en la ***IRAM 1601:2012***, es de aplicación lo indicado en el artículo 2.2.8 (***Tabla 2.6).***

Cuando el contenido de materia orgánica y sus requisitos físicos correspondientes (tiempo de fraguado y resistencia) no cumplan los límites indicados en la ***IRAM 1601:2012***, se podrá utilizar siempre y cuando los tiempos de fraguado del hormigón, determinados según la ***IRAM 1662:1995***, cumplan los requisitos del Proyecto Estructural.

En el caso de que alguno de los agregados componentes del hormigón resulte

potencialmente reactivo y el contenido de ***álcalis del agua de amasado***, expresado en Na_2O_{eq}, exceda el límite indicado en la ***IRAM 1601:2012***, éste deberá ser tenido en cuenta en el cómputo de ***álcalis totales*** por m^3, siguiendo los lineamientos indicados en los artículos 2.2.16.15 b) y d).

3.4. ADITIVOS PARA HORMIGONES

C 3.4. ADITIVOS PARA HORMIGONES

3.4.1. Requisitos generales

C 3.4.1. Requisitos generales

3.4.1.1. Los ***aditivos*** a emplear en la elaboración de hormigones y morteros pueden estar en estado líquido o pulverulento, y deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma ***IRAM 1663:2002***.

Cuando se trate de aditivos que no estén incluidos en la citada norma, el documento del Proyecto deberá indicar las normas o especificaciones de aplicación.

3.4.1.2. Los ***aditivos*** se deben ingresar a la hormigonera diluídos en el agua de mezclado.

C 3.4.1.2. Para asegurar la completa ***homogeneización del hormigón*** es importante respetar los tiempos de mezclado mínimos indicados en el ***Capítulo 4***.

3.4.1.3. Los ***aditivos superfluidificantes*** también pueden ser introducidos sin diluirse en el agua de mezclado. Su incorporación se puede realizar en la planta central o en la motohormigonera inmediatamente antes de su descarga en obra, asegurando su completa homogeneización dentro del pastón.

3.4.1.4. En las ***mezclas para estructuras de hormigón armado y pretensado***, y en las de hormigón simple en que queden incluidas piezas o cañerías de acero o de acero galvanizado, no se debe usar cloruro de calcio ni aditivos que contengan cloruros, fluoruros o nitratos.

3.4.1.5. Existen ***aditivos expansores*** que se pueden agregar a la mezcla, así como ***cementos expansores*** que ya los incluyen.

C 3.4.1.5. Cuando se utilicen ***Hormigones de Retracción Compensada (HRC)*** se incorporarán aditivos expansores que generen expansión en el estado endurecido del hormigón. Se distinguen dos tipos ***(K y G)*** según la naturaleza del expansor (en base a etringita o en base a CaO).

El alcance y restricciones en el uso de ***Hormigones de Retracción Compensada (HRC)*** se describen en el Capítulo 9, artículo 9.6.

Para la ***evaluación del compuesto cemento + aditivo*** se utilizará la norma ***IRAM 1895:2019***.

3.4.2. Acopio, identificación y manipuleo

3.4.2.1. En el envase de los aditivos debe constar la marca, tipo de aditivo, la dosis que el fabricante recomienda para su utilización, la fecha de elaboración y la vida útil prevista.

3.4.2.2. Los aditivos deben ser conservados en sus envases originales herméticamente cerrados. El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferentemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo y fecha de recepción.

3.4.2.3. Para su utilización se debe verificar si no han cumplido su vida útil, y proceder a agitar el contenido del envase antes de la extracción del aditivo.

3.5. ADICIONES MINERALES PULVERULENTAS

C 3.5. ADICIONES MINERALES PULVERULENTAS

3.5.1. Requisitos generales

C 3.5.1. Requisitos generales

3.5.1.1. Las ***adiciones minerales normalizadas*** deben cumplir las especificaciones incluidas en las siguientes normas:

IRAM 1593:1994. Material calcáreo para cemento portland con “filler” calcáreo.

IRAM 1667:2016. Escoria granulada de alto horno. Requisitos y condiciones de recepción.

IRAM 1668:2015. Puzolanas y cenizas volantes silíceas. Características y muestreo.

ASTM International. C1240-20 Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures. West Conshohocken, PA; ASTM International, ***2020***.

ASTM International. C979/C979M-16 Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete. West Conshohocken, PA; ASTM International, ***2016***.

3.5.1.2. Se pueden incorporar ***otras adiciones*** como polvo de piedra, en cuyo caso esta adición deberá cumplir la ***ASTM C1797-2017*** (Standard specification for ground calcium carbonate and aggregate mineral fillers for use in hydraulic cement concrete).

C 3.5.1.2. En todos los casos se debe demostrar mediante ensayos de laboratorio que su empleo beneficia las características del hormigón. También se debe demostrar que esa adición no produce reacciones desfavorables, no altera la protección de las armaduras y no afecta la estabilidad volumétrica del hormigón.

3.5.2. Provisión y almacenamiento de las adiciones minerales

Las adiciones minerales se deben almacenar y manipular de manera tal que sus propiedades no se alteren significativamente por la acción de agentes climáticos y contaminación con otras sustancias,

manteniendo sus condiciones especificadas.

Los compartimentos de almacenamiento de cada material deben estar identificados en forma unívoca, con el fin de evitar errores en el acopio y uso de los materiales.

Cada material de distinto tipo, marca o productor, y procedencia se debe almacenar en forma separada.

El productor debe implementar un registro documentado sobre los datos de la provisión de cada material, incluyendo información sobre su origen, identificación del proveedor, los requisitos especificados al proveedor en la compra de cada material, los registros de los muestreos realizados sobre el material recibido en planta, los resultados del ensayo y el criterio de aceptación o rechazo.

Se deben proteger de la humedad durante su transporte y almacenamiento. El acopio se debe realizar a granel, en silos limpios, secos, bien ventilados y capaces de proteger al material de la exposición a la intemperie.

3.6. ACEROS

C 3.6. ACEROS

Para la ejecución de las estructuras de hormigón armado y pretensado se deben utilizar aceros que cumplan la Resolución 404 del 16/6/99 de la Secretaria de Comercio de la Nación.

Tanto en este Reglamento como en sus Comentarios, las indicaciones relativas a los diámetros de las barras, los alambres o los cordones, y sus secciones transversales, se realizan en función de las dimensiones nominales de la armadura, de acuerdo con lo establecido en las ***normas IRAM-IAS*** correspondientes.

Los aceros empleados en las estructuras a construir en zonas sísmicas, definidas en el ***Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes, INPRES-CIRSOC 103-2023 – Parte II***, deben cumplir con las condiciones establecidas en el mismo.

3.6.1. Barras y alambres de acero para armaduras

C 3.6.1. Barras y alambres de acero para armaduras

3.6.1.1. Se deben utilizar ***exclusivamente barras de acero conformadas y alambres conformados***. Las barras y alambres de acero lisos sólo se pueden utilizar para la ejecución de espirales, estribos y zunchos.

3.6.1.2. Las ***barras y alambres de acero*** deben cumplir con los requisitos establecidos en las siguientes normas:

IRAM - IAS U 500-26 Alambres de acero para armadura en estructuras de hormigón-***2016***

IRAM - IAS U 500-97 Barras de acero para armadura en estructuras de hormigón. Soldadura***-2004***

IRAM - IAS U 500-127 Soldadura por arco. Electrodos de acero de baja aleación, revestidos (AWS A 5.5)**-**1***987***

IRAM - IAS U 500-138 Ente habilitante y entes de calificación y certificación de soldadores y operadores de soldadura***-2016***

IRAM - IAS U 500-166 Soldadura - Alambres y varillas de acero al carbono para procesos de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa (AWS A 5.18)***-1989***

IRAM - IAS U 500-169 Inspector de Soldadura***-2006***

IRAM - IAS U 500-207 Barras de acero conformadas de dureza natural soldables, para armadura en estructuras de hormigón***-2017***

IRAM - IAS U 500-502 Barras de acero laminadas en caliente, lisas y de sección circular para armadura en estructuras de hormigón***-2004***

IRAM - IAS U 500-528 Barras de acero conformadas de dureza natural, para armadura en estructuras de hormigón***-2017***

IRAM - IAS U 500-601 Soldadura por arco - Electrodos de acero al carbono, revestidos (***AWS A 5.1-1987***

3.6.1.3. En las ***Tablas 3.8 y 3.9*** se indican las principales características físicas y mecánicas de los aceros mencionados en el artículo 3.6.1.2. Para cada tipo de acero, el valor de la tensión de fluencia especificada, o de la tensión convencional de fluencia especificada, a utilizar como referencia para los diseños, es el valor correspondiente a la tensión de fluencia característica indicada en dichas tablas.

Tabla 3.8. Barras de acero para armaduras en estructuras de hormigón.

Designación de las barras de acero	Unidad	Barras de acero		
		AL 220 AL 220 S	**ADN 420**	**ADN 420 S**
Normas a las que responde	-	IRAM-IAS U 500-502	IRAM-IAS U 500-528	IRAM-IAS U500-207
Superficie	-	**Lisa (L)**	**Conformada (C***)**	**Conformada (C***)**
Diámetro nominal (d) **(*)**	mm	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40	6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40
Tensión de fluencia característica **(**)**	MPa	220	420	420
Resistencia a la tracción, característica **(**)**	MPa	340	500	500
Alargamiento porcentual de rotura característico (A_{10})	%	18	12	12
Diámetro del mandril de doblado. Angulo de doblado 180º	mm	2 d	d ≤ 25 3,5 d d = 32 5,0 d d = 40 7,0 d	d ≤ 25 3,5 d d = 32 5,0 d d = 40 7,0 d

***** Las normas IRAM-IAS designan al diámetro nominal de la barra o alambre como d mientras que en este Reglamento se designan como d_b

****** Según se define en el artículo 3.0. ***Simbología***

******* Barra cuya superficie presenta salientes con el fin de aumentar su adherencia con el hormigón, también llamada nervurada

Tabla 3.9. Alambres y mallas soldadas de acero para armaduras en estructura de hormigón.

Designación de los alambres y las mallas soldadas de acero	Unidad	Alambres de acero	Mallas soldadas de acero
		ATR 500 N	AM 500 N
Normas a las que responde	-	IRAM-IAS U 500-26	IRAM-IAS U500-06
Superficie	-	Conformada (C***)	Conformada (C***)
Diámetro nominal (d) (*)	mm	4 a 4,5 para armadura de distribución 5 a 12 para armadura resistente	4 a 4,5 para armadura de distribución 5 a 12 para armadura resistente
Tensión de fluencia característica (**)	MPa	500	500
Resistencia a la tracción, característica (**)	MPa	550	550
Alargamiento porcentual de rotura característico (A_{10})	%	6	6
Diámetro del mandril de doblado. Angulo de doblado 180º	mm	4 d	4 d

La resistencia al corte de las uniones soldadas en las mallas, expresada en kN, debe ser igual o mayor de ***0,15 S_{max}***
S_{max} = Área de la sección nominal transversal del alambre de mayor diámetro de la unión soldada, expresada en mm^2.

***** Las normas IRAM-IAS designan al diámetro nominal de la barra o alambre como ***d*** mientras que en este Reglamento se designan como ***d_b***

****** Según se define en el artículo 3.0. ***Simbología.***

******* Barra cuya superficie presenta salientes con el fin de aumentar su adherencia con el hormigón, también llamada nervurada

3.6.1.4. Se podrán utilizar aceros conformados de dureza natural con tensión de fluencia característica o tensión convencional de fluencia característica igual a ***500 MPa***, que cumplan con la norma ***IRAM-IAS*** correspondiente, que se redactará al efecto.

3.6.1.5. Empalmes

Empalme mecánico. Las longitudes y demás detalles de los empalmes mecánicos escapan al alcance de este Reglamento, y deberán ser definidos en el correspondiente reglamento de estructuras de hormigón armado.

Empalme soldado. La soldadura de barras de acero se debe realizar respetando lo establecido a continuación.

a) Las barras a soldar en obra deben ser fácilmente soldables, con elementos de aporte que no requieran procedimientos especiales, y cumplir con los requisitos de carbono equivalente y composición química indicados en la norma ***IRAM-IAS U 500-502*** y ***U 500-207***.

b) Los materiales y métodos para realizar la soldadura de barras de acero deben cumplir lo establecido en la norma ***IRAM-IAS U 500-97***.

C 3.6.1.5. Empalmes

Consultar el Reglamento ***CIRSOC 201-2023***, Capítulo 25

c) Los soldadores deben ser calificados según la norma ***IRAM-IAS U 500-138***.

d) El tipo y ubicación de los empalmes y toda otra soldadura se debe indicar en los Documentos del Proyecto.

e) Lo establecido en ***a), b), c) y d)*** es de aplicación a los ***empalmes soldados, a las soldaduras de posicionamiento y a toda otra soldadura indicada en los Documentos del Proyecto***. No están permitidas las soldaduras puntuales de posicionamiento y/o sujeción, que no se realicen con todos los requisitos exigidos en la norma ***IRAM-IAS U 500-138*** y sean inspeccionados por inspectores de soldadura certificados según la norma ***IRAM IAS U 500-169***.

3.6.1.6. Soldadura de barras en ampliación, reparación o modificación de estructuras existentes.

a) Cuando se deban soldar barras colocadas en estructuras existentes y se desconozca el tipo de acero de las mismas, se debe determinar previamente el carbono equivalente y verificar si las barras tienen endurecimiento mecánico en frío. A tal efecto:

- se deben extraer muestras de las barras colocadas.
- se debe determinar el carbono equivalente por análisis químico, según la norma ***IRAM - IAS U 500-207*** e ***IRAM-IAS U 500-502***.
- se debe determinar el endurecimiento mecánico por metalografía o ensayo a tracción.

b) Si se comprueba que las barras tienen un procedimiento de endurecimiento mecánico en frío se prohíbe cualquier procedimiento de soldadura.

Si los aceros son del tipo soldables según las normas ***IRAM-IAS U 500-502 e IRAM-IAS U 500-207***, la soldadura deberá cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 3.6.1.5.

Si los ***aceros no son del tipo soldables*** según las normas **IRAM-IAS U 500-502 e IRAM-IAS U 500-207**, la soldadura se realizará utilizando ***métodos especiales***, establecidos por convenio previo, según el artículo 4.6.1.3 de la norma ***IRAM-IAS U 500-502*** y el artículo 4.6.1.2 de la norma ***IRAM-IAS U 500-528***, y aprobados por el Director de Obra.

c) La extracción de las muestras de las barras colocadas se debe hacer de aquellos elementos de

la estructura existente, próximos al lugar a soldar, que no se vean comprometidos por dicha extracción. Preferentemente no se deben extraer muestras en columnas.

d) Los Documentos del Proyecto deben establecer las precauciones a tomar para evitar daños en el hormigón existente por la transmisión de calor de la barra a soldar.

3.6.2. Mallas de alambres de acero soldadas para armaduras

3.6.2.1. Las mallas de alambres de acero soldadas para estructuras, deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma ***IRAM-IAS U 500-06***.

3.6.2.2. En la ***Tabla 3.9*** se indican las principales características físicas y mecánicas que deben cumplir los alambres de acero para las mallas, que se establecen en la norma ***IRAM-IAS U 500-26***. Para cada tipo de acero, el valor de la tensión de fluencia especificada, o de la tensión convencional de fluencia especificada, a utilizar como referencia para los diseños, es el valor correspondiente a la tensión de fluencia característica indicada en dicha tabla.

3.6.3. Cordones, alambres y barras para estructuras de hormigón pretensado

3.6.3.1. Los cordones y alambres para pretensado deben cumplir con las siguientes normas:

IRAM-IAS U 500-03	Cordones de siete alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado-***2019***
IRAM-IAS U 500-07	Cordones de dos o tres alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado-***2007***
IRAM-IAS U 500-245	Alambres de acero conformados para estructuras de hormigón pretensado-***2017***
IRAM-IAS U 500-517	Alambres de acero liso para estructuras de hormigón pretensado-***2004***

Las ***Tablas 3.10, 3.11, 3.12.a), 3.12.b) y 3.13*** indican las principales características físicas y mecánicas, establecidas en cada una de las normas mencionadas precedentemente.

3.6.3.2. Las barras de acero conformadas para armadura activa de estructuras de hormigón pretensado deben cumplir con la norma ***IRAM-IAS*** correspondiente, que se deberá redactar al efecto.

Tabla 3.10. Alambres de acero liso con tratamiento termomecánico (BR - baja relajación) para estructuras de hormigón pretensado.

Designación de los alambres IRAM-IAS U 500-517 (*)	Diámetro nominal	Límite convencional de fluencia	Resistencia a la tracción	Alargamiento porcentual de rotura		Doblado alternado		Relajación máxima a 1000 h y 20 ºC, para una carga inicial expresada en % de la carga de rotura Q_t		
						Nº de doblados	Radio del mandril	(Q_t = 1700 MPa × área nominal de cada alambre)		
		mínimo	mínima	mínimo	largo de referencia			Baja relajación BR		
		Rp 0,2	R	A_t	L_0			60 % Q_t	70 % Q_t	80 % Q_t
----	mm	MPa	MPa	%	mm	----	mm	%	%	%
APL – 1700	4	1500	1700	4,6	50	4	10	1	2	3
	5			5	50	4	15			
	7			5	70	4	20			

(*) Designación de los alambres: Los valores corresponden, aproximadamente, a la resistencia a la tracción nominal del acero, expresada en MPa.

Tabla 3.11. Alambres de acero conformado para estructuras de hormigón pretensado.

Designación de los alambres IRAM-IAS U 500-245 (*)	Diámetro nominal	Carga al 1 % de alargamiento total mínimo (**)	Carga de rotura mínima	Límite de fluencia mínimo	Resistencia a la tracción mínima	Alargamiento porcentual de rotura bajo carga en 200 mm mínimo	Doblado alternado	
							N° de doblados	Radio del mandril
		Q_1	Q_t	R_e	R	A_t		
----	mm	kN	kN	MPa	MPa	%	----	mm
APC – 1800	2,6	7,6	9,5	1431	1789	2,5	3	7,5
	3,4	13	16,2	1432	1784		3	10
	4,2	19,4	24,3	1396	1748		3	15
APC – 1680	6	43	47,7	1521	1687	2,5	2	15

(*) Designación de los alambres: Los valores corresponden, aproximadamente, a la resistencia a la tracción nominal del acero, expresada en MPa.

(**) La carga al ***1 %*** de alargamiento total se considera equivalente a la carga al ***0,2 %*** de deformación permanente.

Nota: Los valores de relajación se deben establecer por convenio previo con el fabricante y se deben verificar aplicando la norma IRAM-IAS U 500-114.

Tabla 3.12.a). Cordones de dos o tres alambres con tratamiento térmico, para estructuras de hormigón pretensado.

Designación del cordón IRAM – IAS U 500 – 07 (*)	Construcción del cordón (Nº de alambres × diámetro nominal)	Diámetro nominal de los alambres	Carga al 1 % de alargamiento total mínimo (**)	Carga de rotura mínima	Límite de fluencia mínimo	Resistencia a la tracción mínima	Alargamiento porcentual de rotura bajo carga en 200 mm mínimo
			Q_1	Q_t	R_e	R	A_t
----	----	mm	kN	kN	MPa	MPa	%
C 1950	2 × 2,25	2,25	13,2	15,6	1660	1962	2,5
	3 × 2,25	2,25	19,8	23,5	1660	1970	
	2 × 1,84	1,84	8,1	9,5	1523	1786	
C 1800	2 × 2,40	2,4	13,8	16,2	1525	1790	2,5
	3 × 2,40	2,4	20,7	24,3	1525	1791	
C 1750	3 × 3,00	3	31,5	37,1	1485	1749	2,5
C 1650	3 × 4,00	4	52,9	62,2	1403	1650	2,5

(*) Designación de los cordones: Los valores corresponden, aproximadamente, a la resistencia a la tracción nominal del acero, expresada en MPa.

(**) La carga al ***1%*** del alargamiento total, se considera equivalente al ***0,2 %*** de deformación permanente.

Nota: Los valores de relajación se deben establecer por convenio previo con el fabricante y se deben verificar aplicando la norma IRAM-IAS U 500-114.

Tabla 3.12.b). Cordones de dos o tres alambres con tratamiento termomecánico (BR-baja relajación) para estructuras de hormigón pretensado.

Designación del cordón IRAM – IAS U 500 – 07 (*)	Construcción del cordón (Nº de alambres × diámetro nominal)	Diámetro nominal de los alambres	Carga al 1 % de alargamiento total (**)	Carga de rotura	Límite de fluencia	Resistencia a la tracción	Alargamiento porcentual de rotura bajo carga en 200 mm	Relajación máxima a 1000 h y 20 ºC, para una carga inicial expresada en % de la carga de rotura Q_t		
								Baja relajación BR		
			mínima	mínima	mínimo	mínima	mínimo			
			Q_1	Q_t	R_e	R	A_t	60 % Q_t	70 % Q_t	80 % Q_t
----	----	mm	kN	kN	MPa	MPa	%	%	%	%
C 1950	2 × 2,25	2,25	14,04	15,6	1766	1962	2,5	1	2	3
	3 × 2,25	2,25	21,15	23,5	1773	1970				
	2 × 1,84	1,84	8,55	9,5	1607	1786				
C 1800	2 × 2,40	2,4	14,58	16,2	1611	1790				
	3 × 2,40	2,4	21,87	24,3	1612	1791				
C 1750	3 × 3,00	3	33,39	37,1	1574	1749				
C 1650	3 × 4,00	4	55,98	62,2	1485	1650				

(*) Designación de los cordones: Los valores corresponden, aproximadamente, a la resistencia a la tracción nominal del acero, expresada en MPa.

(**) La carga al ***1%*** del alargamiento total, se considera equivalente al ***0,2 %*** de deformación permanente.

Tabla 3.13. Cordones de siete alambres con tratamiento termomecánico (BR - Baja Relajación) para estructuras de hormigón pretensado.

Designación de los cordones IRAM – IAS U 500 – 03 (*)	Diámetro nominal de los cordones	Carga al 1 % de alargamiento total (**)	Carga de rotura	Límite de fluencia	Resistencia a la tracción	Alargamiento porcentual de rotura bajo carga en 200 mm	Relajación máxima a 1000 h y 20 ºC, para una carga inicial expresada en % de la carga de rotura Q_t		
							Baja relajación BR		
		mínima	mínima	mínimo	mínima	mínimo			
		Q_1	Q_t	R_e	R	A_t	60 % Q_t	70 % Q_t	80 % Q_t
----	mm	kN	kN	MPa	MPa	%	%	%	%
C 1750	9,5	80,1	89	1546	1718	3,5	1	2,5	3,5
	12,7	144	160	1550	1722				
	15,2	216	240	1554	1727				
C 1900	9,5	92	102	1678	1860				
	12,7	166	184	1682	1864				
	15,2	235	261	1679	1864				
	15,7	251	279	1673	1860				

(*) Designación de los cordones: Los valores corresponden, aproximadamente, a la resistencia a la tracción nominal del acero, expresada en MPa.

(**) La carga al ***1%*** del alargamiento total, se considera equivalente al ***0,2 %*** de deformación permanente.

3.6.4. Acopio, identificación y manipuleo

3.6.4.1. Los ***alambres*** y ***cordones para estructuras de hormigón pretensado*** deben salir secos de fábrica, y durante su transporte deben ser protegidos de la lluvia.

3.6.4.2. Las barras, alambres, cordones y mallas de acero soldadas para armaduras se deben colocar sobre tirantes o durmientes con separadores de madera u otros materiales, con el fin de impedir que se mezclen los distintos tipos, diámetros y partidas de cada uno de ellos.

Los acopios se deben realizar separados del suelo o piso, como mínimo a una distancia de ***15 cm***; debiendo adoptarse todas las medidas tendientes a evitar el contacto con el agua y/o el crecimiento de malezas en el sector.

Según el uso al que estén destinados, se deben acopiar respetando las siguientes condiciones:

a) ***Aceros para armaduras de estructuras de hormigón***: bajo techo, o a la intemperie por un período no mayor de ***60 días***.

b) ***Acero para uso en hormigón pretensado***: bajo techo, en locales cerrados y aireados, y estibados de tal forma que circule aire entre los rollos. Cuando en los locales de almacenamiento la humedad relativa ambiente sea igual o mayor del sesenta por ciento (***60 %***), los mismos deben ser calentados para evitar la formación de agua de condensación.

3.6.4.3. Cada partida de barras, alambres, cordones y mallas de acero soldadas se debe identificar colocando un cartel visible en el espacio en que esté ubicada, donde conste el número del remito de envío, el tipo de acero y el diámetro del material de la partida.

3.7. FIBRAS

Las fibras son elementos de corta longitud y sección delgada de formas diversas y que pueden ser de diferentes materiales que, cuando se incorporan al hormigón dan lugar a un ***Hormigón Reforzado con Fibras (HRF).*** Las fibras también se pueden combinar con armaduras convencionales o pretensadas.

C 3.7. Fibras

El ***Hormigón Reforzado con Fibras (HRF)*** es un compuesto que incorpora ***fibras discretas*** (discontinuas) distribuidas en una matriz cementícea, que puede ser hormigón o mortero.

3.7.1. Características y tipos de fibras

A los fines de este Reglamento se diferencian dos tipos de fibras, aquellas que confieren capacidad residual en

C 3.7.1. Características y tipos de fibras

Las fibras, que son elementos de corta longitud y sección delgada de formas diversas, pueden ser de acero, polímeros, carbón, vidrio, de

estado endurecido y aquellas que no brindan capacidad estructural.

Entre las fibras más utilizadas que brindan capacidad residual aparecen las de acero y las poliméricas (sintéticas), también existen fibras de vidrio resistente a los álcalis. De no contar con las normas ***IRAM*** o disposiciones ***CIRSOC*** equivalentes, las ***fibras de acero*** deberán cumplir lo establecido en las normas ***EN 14889-1 o ASTM A820/A820M-16*** y las ***poliméricas*** regirse por las normas ***EN 14889-2 o ASTM D7508/D7508M−20)***, mientras que las ***fibras de vidrio*** responderán a las normas ***UNE 83516 (2015) y ASTM C1666/C1666M (2015).***

En ***ambientes con altos contenidos de ión cloruro*** (ver la ***Tabla 2.1***) ***no se admitirán fibras de acero convencional cuando estas se empleen con función estructural*** y el ***HRF trabaje en servicio en estado fisurado***. Las fibras de vidrio, en cualquiera de sus variantes, deben ser resistentes al ambiente alcalino que implica el hormigón de cemento pórtland.

metales amorfos o materiales de origen natural. También pueden combinarse diferentes tipos y/o tamaños de fibras (hormigón reforzado con fibras híbridas).

Las fibras se suelen caracterizar a partir de su ***largo*** (l), ***diámetro equivalente*** (d), y la ***relación de esbeltez*** o ***aspecto geométrico*** (l/d). El ***largo de la fibra debe ser mayor a 2 veces el tamaño máximo del agregado cuando se emplea HRF con fines estructurales***. ***El largo no debe superar los 2/3 del diámetro de la tubería cuando se emplea HRF bombeado.***

Existen fibras con diversas conformaciones (ganchos en los extremos, onduladas, etc.) para favorecer la adherencia. La resistencia y conformación mecánica del filamento están optimizadas para mejorar la adherencia y que las fibras fallen principalmente por un mecanismo de arrancamiento.

En matrices de alta resistencia debe verificarse en qué medida se produce la rotura de las fibras. Para tales casos existen, por ejemplo, fibras de aceros de alta resistencia. También puede ser conveniente el uso de fibras cortas o combinaciones hibridas. Se emplean microfibras de acero para fabricar hormigones de ultra alta resistencia, pero su uso excede el alcance del presente Reglamento.

Las denominadas microfibras sintéticas, que poseen ***diámetros menores a 0,30 mm***, suelen aplicarse para mejorar la resistencia al fuego o para el control de fisuras en estado plástico del hormigón.

Al emplear fibras que aportan capacidad estructural (de acero, poliméricas o de vidrio), los efectos sobre las ***propiedades mecánicas residuales del HRF varían notablemente conforme el tipo y dosis de fibras.*** Por tal motivo la performance de un dado ***HRF*** no se puede asegurar en base al tipo y contenido de fibras, sino que se debe verificar la capacidad residual del compuesto. Si bien la propuesta de dosificación se basará en la ***performance requerida*** al ***HRF*** (preferencialmente la capacidad residual en flexión) y la resistencia a compresión, es recomendable indicar como referencia el tipo y contenido de fibras utilizadas. Las particularidades sobre la obtención, caracterización y aplicación del ***HRF*** se establecen en el *Capítulo 9*, artículo 9.3.

3.8. BARRERAS IMPERMEABLES (WATERSTOPS)

Hasta tanto se disponga de normas ***IRAM*** específicas o de documentos ***CIRSOC*** desarrollados al efecto, las

C 3.8. BARRERAS IMPERMEABLES (WATERSTOPS)

Las barreras impermeables (waterstops) son elementos continuos insertos en una junta para

barreras impermeables y los ***sellantes*** deberán ser ensayados según las normas ***ASTM D570, ASTM D746 y ASTM D1149*** y deberán cumplir los requisitos establecidos en las normas ***ASTM C920 y CRD-C572*** (para barreras impermeables de PVC).

impedir el paso de líquidos.

3.8.1. Barreras impermeables pasivas

C 3.8.1. Barreras impermeables pasivas

3.8.1.1. Estarán constituidas por una cinta continua de metal, caucho, plástico, u otro material, inserta en una junta para impedir el paso de líquidos. Deberán ser densas, homogéneas, libres de orificios u otras imperfecciones. La sección transversal del waterstop debe ser uniforme a lo largo de toda su longitud. Debe poseer simetría transversal de tal forma que el espesor medido en cualquier distancia desde cualquier borde sea uniforme.

3.8.1.2. Los materiales utilizados deben ser capaces de permitir movimientos y deformaciones de dilatación y contracción sin deformación permanente o falla, y deben resistir los ciclos de congelamiento y deshielo, los efectos de la variación de temperatura y los ataques químicos, aguas agresivas, agua de mar, ácidos diluidos, álcalis y sales.

3.8.1.3. Los materiales que conforman las barreras impermeables pueden ser de caucho, de policloruro de vinilo (PVC), acero, o de otro material. Las primeras se emplearán en juntas donde se esperan grandes movimientos.

C 3.8.1.3. En ambientes donde se encuentre presencia de ozono, se puede requerir el uso de barreras impermeables de acero inoxidable.

3.8.1.4. El espesor mínimo para las barreras de caucho y de PVC será de ***9,5 mm*** y el ancho mínimo de ***220 mm*** para juntas de expansión y de ***150 mm*** para otras juntas, el cual se repartirá mitad y mitad entre los dos hormigones contiguos a la junta. Cuando sean de acero deberán tener un espesor de ***6 mm (1/4")*** y estar embebidas a cada lado de la junta un mínimo de ***75 mm***, con un doblez central cuyo tamaño dependerá del movimiento esperado.

3.8.1.5. El Contratista deberá obtener del fabricante de la barrera impermeable reportes actualizados de todos los ensayos realizados para calificar el producto, y una certificación escrita donde se acredite que el material cumple con los requisitos necesarios para su correcto funcionamiento.

3.8.2. Barreras impermeables hidroexpansivas

C 3.8.2. Barreras impermeables hidroexpansivas

3.8.2.1. Consistirán en pequeñas tiras compuestas por caucho sintético con la inclusión de un material hidrófilo colocadas contra la cara de la junta antes de verter el hormigón adyacente. Deben ser utilizadas cuando se encuentren permanentemente sumergidas.

C 3.8.2.1. El grado de expansión de las barreras hidroexpansivas puede ser afectado por químicos presentes en el agua, por lo que el ***Proyectista Estructural*** deberá tomar los recaudos correspondientes en estos casos.

3.8.2.2. Los materiales utilizados en las ***barreras impermeables hidroexpansivas*** deberán resistir los ciclos de congelamiento y deshielo, los efectos de la variación de temperatura y los ataques químicos, aguas agresivas, agua de mar, ácidos diluidos, álcalis y sales.

3.8.2.3. Las ***barreras impermeables hidroexpansivas*** sólo podrán ser utilizadas en juntas constructivas.

C 3.8.2.3. En el caso de juntas de movimiento, la presencia del agua no es continua, el material tiende a contraerse, y sólo puede ser expandido nuevamente por la presencia de más agua. ***Por ello, no es conveniente el uso de barreras hidroexpansivas en juntas de movimiento.***

3.8.2.4. El Contratista deberá obtener del fabricante de la barrera hidroexpansiva reportes actualizados de todos los ensayos realizados para calificar el producto, y una certificación escrita donde se acredite que el material cumple con los requisitos necesarios para su correcto funcionamiento.

CAPÍTULO 4. HORMIGÓN FRESCO - PROPIEDADES, DOSIFICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

4.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

C 4.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

Es recomendable que el personal asignado a la realización de ensayos al hormigón fresco en obra, así como a la preparación y el curado de probetas destinadas a ensayos de resistencia mecánica, sean técnicos capacitados y preferentemente certificados por un organismo independiente y de tercera parte, para demostrar su conocimiento, idoneidad, habilidad y capacidad técnica para la tarea.

4.1.1. Consistencia del hormigón

4.1.1.1. El hormigón tendrá una consistencia acorde con las características de los elementos estructurales a hormigonar y con los medios disponibles para permitir su transporte, colocación y correcta compactación sin que se origine segregación ni exudación perjudicial.

4.1.1.2. Este Reglamento establece seis (6) intervalos de consistencia de hormigones cuyas denominaciones y métodos de evaluación se indican en la ***Tabla 4.1***.

a) Los intervalos de consistencia fluida y muy fluida se utilizarán en hormigones de cualquier clase sólo si éstos contienen un aditivo superfluidificante. La dosis y la oportunidad de ingresar el aditivo a la mezcla serán tales que maximicen la fluidez de la pasta del hormigón sin generar segregación del mismo.

b) Los hormigones de clase ***H-15*** (hormigón sin armar) se pueden elaborar con intervalo de consistencia fluida sin el uso de aditivos superfluidificantes si el asentamiento es igual o menor que ***18,0 cm*** y si el contenido de cemento por metro cúbico de

C 4.1.1. Consistencia del hormigón

C 4.1.1.1. En hormigones de consistencia muy plástica es recomendable el uso de aditivos fluidificantes y/o superfluidificantes.

En hormigones de consistencia fluida, cuando las mezclas sean poco cohesivas se recomienda el uso del ensayo de Extendido. Se consideran mezclas poco cohesivas, cuando al desmoldar el cono de Abrams no se percibe el círculo superior del tronco de cono de hormigón y/o se observa en el borde exterior una aureola de agua significativa.

Los hormigones de consistencias fluida y muy fluida, con fluidez obtenida con el uso de superfluidificantes pueden perder fluidez de modo significativo con el transcurso del tiempo. En esos casos se deberá verificar que el hormigón posea la consistencia requerida al momento de ser colocado, especialmente para transportes y/o esperas de colocación importantes.

hormigón es igual o mayor que ***300 kg***.

Tabla 4.1. Métodos de ensayo aplicables hormigones de distinta consistencia

Consistencia	Ensayo			Observaciones
	Remoldeo (V) [s]	Asentamiento (A) [cm]	Extendido (E) [cm]	
Muy seca	5,0 < V ≤ 30,0	--	--	Tiempo de remoldeo en el dispositivo VeBe. Norma IRAM 1767:2004.
Seca	3,0 < V ≤ 8,0	2,0 < A ≤ 5,0	--	Tiempo de remoldeo en el dispositivo VeBe. Norma IRAM 1767:2004. Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536:2020.
Plástica	--	5,0 < A ≤ 10,0	--	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536:2020.
Muy plástica	--	10,0 < A ≤ 15,0	50 < E ≤ 55	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690:1986
Fluida	-	15,0 < A ≤ 18,0	55 < E ≤ 60	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1536. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690:1986
Muy fluida	--	--	60 < E ≤ 65	Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1690:1986.

Cada método es aplicable dentro de los rangos de valores indicados.
Los rangos indicados sólo son una referencia general.
La relación entre distintos métodos de valoración del hormigón fresco varia principalmente con el tipo y tamaño de agregado, y con las características de las mezclas.
El caso de los ***hormigones autocompactantes*** se trata en el ***Capítulo 9***, existiendo métodos de evaluación específicos para su caracterización en estado fresco.

4.1.1.3. Los Documentos del Proyecto deben indicar el **valor *de la consistencia media de la mezcla a utilizar*** en los diferentes tipos de elementos estructurales de la obra.

4.1.1.4. Los distintos pastones deben tener una consistencia igual a la indicada en los documentos del proyecto o a la requerida por el Director de Obra si no fue indicada en el proyecto considerando la tolerancia establecida en la ***Tabla 4.2.***

C 4.1.1.4. El ***cono de Abrams*** no es un método sensible para mezclas de consistencia muy seca y muy fluida, ya que puede dar lugar a errores.

Tabla 4.2. Intervalos de consistencia nominal especificada en el proyecto y tolerancias.

Consistencia	Remoldeo (V) [s]		Asentamiento (A) [cm]		Extendido (E) [cm]	
	Intervalo	Tolerancia	Intervalo	Tolerancia	Intervalo	Tolerancia
Muy seca	5,0 < V ≤ 30,0	± 2,0	--	--	--	--
Seca	3,0 < V ≤ 8,0	± 1,0	2,0 < A ≤ 5,0	± 1,0	--	--
Plástica	--	--	5,0 < A ≤ 10,0	± 2,0	--	--
Muy plástica	--	--	10,0 < A ≤ 15,0	± 2,0	50 < E ≤ 55	± 1,0
Fluida	--	--	15,0 < A ≤ 18,0	± 3,0	55 < E ≤ 60	± 2,0
Muy fluida	--	--	--	--	60 < E ≤ 65	± 2,0

4.1.2. Aire intencionalmente incorporado

4.1.2.1. Cuando de acuerdo con el ***tipo de exposición*** o ***para hormigones con características especiales***, según el ***Capítulo 2***, ***Tabla 2.5*** y el ***Capítulo 9, Tabla 9.2***, se requiera la ***incorporación intencional de aire***, el porcentaje total debe estar comprendido dentro de los límites establecidos en la ***Tabla 4.3***, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso, donde los porcentajes de aire corresponden al hormigón integral.

4.1.2.2. La ***determinación del contenido de aire del hormigón*** se debe efectuar mediante los ensayos especificados en la norma ***IRAM 1602-2:1988 y su modificación 2020***. Alternativamente es posible aplicar el método de la norma IRAM 1511:1978 (método volumétrico) o el de la norma IRAM 1562:2012 (método gravimétrico).

4.1.2.3. Para ***hormigones con tamaño máximo nominal de agregado grueso igual o mayor que 53,0 mm***, el contenido de aire se debe determinar según el artículo 4.1.2.2, sobre la fracción de hormigón que resulta luego de retirar mediante tamizado, las partículas de agregado grueso mayores que ***37,5 mm***.

4.1.2.4. Para hormigones de ***clase igual o mayor que H-35*** las cantidades de aire indicadas en la ***Tabla 4.3***, se pueden reducir hasta una unidad porcentual ***(1,0 %)***, salvo que en los ***Documentos de Proyecto*** se indique lo contrario.

C 4.1.2. Aire intencionalmente incorporado

C 4.1.2.1. El contenido de aire expresado en volumen por m^3 de hormigón, si bien es fácilmente cuantificable, no es un indicador absoluto de que el aire se haya incorporado en la forma de microburbujas no coalescentes. Por lo tanto, lo indicado en este artículo es de aplicación para aditivos que cumplan lo establecido en la norma IRAM 1663:2002.

En hormigones con aire incorporado, el contenido de material pulverulento (ver el artículo 4.1.3) se puede reducir en un volumen igual al del aire intencionalmente incorporado, siempre que en obra se compruebe que el hormigón sea cohesivo, no segregue ni exude.

Tabla 4.3. Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón.

Tamaño máximo del agregado	Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón, de acuerdo con el tipo de exposición o para hormigones especiales (Capítulo 2, Tablas 2.5 y Capitulo 9, Tabla 9.3)	
	Exposición clase C1 y hormigón a colocar bajo agua	Exposición clase C2
mm	% en volumen	% en volumen
13,2	5,5 ± 1,5	7,0 ± 1,5
19,0	5,0 ± 1,5	6,0 ± 1,5
26,5	4,5 ± 1,5	6,0 ± 1,5
37,5	4,5 ± 1,5	5,5 ± 1,5

4.1.3. Contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm

4.1.3.1. Este Reglamento especifica que se debe computar como ***material pulverulento*** de un hormigón a la suma, en masa, de las partículas del ***cemento***, las ***adiciones minerales pulverulentas***, ya sean activas o no, y la fracción de los ***agregados que pasan el tamiz IRAM 300 µm*** (***N° 50***).

4.1.3.2. Los contenidos mínimos se indican en la ***Tabla 4.4***, ***en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso*** empleado en el hormigón.

4.1.3.3. En hormigones de ***clase igual o menor que H-20***, que no sean transportados por bombeo, de consistencia muy seca a muy plástica y que luego no estén en contacto con medios agresivos (ver el Capítulo 2) se podrán utilizar ***contenidos menores*** a los indicados en la ***Tabla 4.4.***

4.1.3.4. Sin perjuicio del cumplimiento de los artículos 4.1.3.1 a 4.1.3.3, el tipo y cantidad de material que pasa por el tamiz IRAM de ***300 µm (Nº 50)*** debe asegurar que la exudación del hormigón cumpla con lo establecido en el artículo 4.1.4.

C 4.1.3. Contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm

C 4.1.3.1. La presencia, en proporción adecuada, ***de material pulverulento*** otorga al hormigón fresco la cohesión que impide su segregación y excesiva exudación.

C 4.1.3.2. ***Cuando el hormigón deba ser transportado por bombeo o largas distancias, la existencia de partículas finas adquiere especial importancia***. También es necesaria en estructuras impermeables y elementos de paredes delgadas y fuertemente armados.

Un exceso de partículas muy finas puede afectar la consistencia del hormigón, transformándolo en una mezcla "pegajosa" muy difícil de compactar. El contenido de material pulverulento deberá poseer un equilibrio entre las necesidades de fluidez y de cohesión del hormigón.

En hormigones sometidos a ***abrasión superficial, congelación y deshielo*** o a ***algunos agentes químicos y/o físicos, un excesivo contenido de material pulverulento resulta desfavorable***.

C 4.1.3.4. En caso de emplear finos de menor densidad, como es el caso de varias adiciones minerales, los valores consignados en peso pueden interpretarse en términos de volumen equivalente de partículas de cemento CPN.

Tabla 4.4. Contenido mínimo de material que pasa por el tamiz IRAM 300 µm.

Tamaño máximo del agregado	Contenido de material que pasa por el tamiz IRAM 300 µm (N° 50)
(mm)	(kg por metro cúbico de hormigón)
13,2	480
19,0	440
26,5	410
37,5	380
53,0	350

4.1.4. Exudación del hormigón

4.1.4.1. Cuando se construyan elementos estructurales que superen los dos (***2***) metros de altura o que estén sometidos a abrasión, erosión o cavitación, la exudación del hormigón, determinada según la norma IRAM 1604:2004, debe cumplir los límites siguientes:

- capacidad de exudación igual o menor que cinco por ciento ***(5 %)***.
- velocidad de exudación igual o menor que $\boldsymbol{100 \times 10^{-6}}$ ***cm/s***.

C 4.1.4. Exudación del hormigón

C 4.1.4.1. La exudación de agua del hormigón en elementos estructurales que superan los 2 m de altura se traduce en una disminución importante de la resistencia del hormigón colocado en la parte superior del mencionado elemento estructural.

En el caso de elementos de gran relación superficie/volumen, como el de losas de hormigón, una exudación moderada no es necesariamente perjudicial y son de aplicación además criterios complementarios para controlar el riesgo de fisuración plástica.

4.1.5. Contenido unitario de cemento

4.1.5.1. El hormigón debe contener la ***cantidad de cemento que resulte necesaria para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad establecidos en este Reglamento*** según el destino para el que se lo utilice.

4.1.5.2. El contenido mínimo de ***material cementicio*** debe ser igual a $\boldsymbol{280\ kg/m^3}$ de hormigón tanto en hormigón armado como en hormigón pretensado. Este límite puede ser reducido siempre que la mezcla adoptada verifique los requisitos en estado fresco y las condiciones de resistencia y durabilidad.

4.1.5.3. Como excepción a lo indicado en el artículo 4.1.5.2, en elementos estructurales de hormigón masivo armado el contenido mínimo de cemento debe ser igual a $\boldsymbol{200\ kg/m^3}$ de hormigón si se cumplen las siguientes condiciones:

a) El elemento estructural está expuesto a un ***medio no agresivo*** tanto para el hormigón como para las armaduras (***Exposición Clase A1***, del Capítulo 2,

C 4.1.5. Contenido unitario de cemento

C 4.1.5.1. Contenidos de cemento elevados pueden dar lugar a mezclas muy cohesivas y difíciles de trabajar. A la vez, en secciones masivas y moderadamente masivas originan un elevado incremento de la temperatura del hormigón en las primeras edades que, con el posterior enfriamiento, pueden dar lugar a fisuras originadas por tensiones de origen térmico.

Tabla 2.1.).

b) El recubrimiento de las armaduras es igual o mayor que ***100 mm***.

4.1.6. Homogeneidad de una mezcla de hormigón

En todas las instancias de elaboración y/o recepción en obra, transporte dentro de la obra y colocación en los encofrados, en que este Reglamento exija ***homogeneidad*** de la mezcla, el hormigón deberá ser ensayado según la norma IRAM 1876:2004. El ***hormigón del pastón*** se considera ***homogéneo***, cuando las diferencias máximas admisibles, en valor absoluto, entre los resultados de ensayo de muestras extraídas de diferentes porciones de un mismo pastón, son menores que:

a) contenido de agregado grueso: ***6,0 %***

b) densidad del mortero libre de aire: ***1,6 %***

4.2. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

4.2.1. Requisitos generales

4.2.1.1. Los ***materiales componentes y las proporciones del hormigón*** deben asegurar:

- la ***trabajabilidad*** necesaria para su adecuado escurrimiento entre las armaduras y para el llenado completo de los encofrados, con la terminación requerida y en las condiciones de colocación a ser empleado en obra, sin que se produzca segregación o exudación perjudicial para el hormigón de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.1.

- los requisitos para el hormigón endurecido, según se establece en el ***Capítulo 2***.

4.2.1.2. La ***dosificación del hormigón*** se debe establecer en forma racional, en base a información de experiencias previas y/o mediante la preparación de mezclas de prueba en el laboratorio o en la obra. En ambos casos con los materiales que se van a utilizar en la obra.

La ***dosificación para hormigones sin armar de clase H-15***, se puede establecer en ***forma empírica*** cuando se cumplan los requisitos especificados en el artículo 4.2.5.3.

En ambos casos, se deben cumplir los requisitos establecidos en el artículo 4.2.5 y en el artículo 2 del ***Anexo A4-1***.

C 4.2. DOSIFICACION DEL HORMIGON

C 4.2.1. Requisitos generales

C 4.2.1.1. Este Reglamento no establece especificaciones para hormigones de tipo arquitectónico. Los requisitos a cumplir para estos casos se deben establecer en los Documentos del Proyecto.

4.2.1.3. Los ensayos de resistencia de rotura a la compresión se realizarán en la forma indicada en el artículo 6.1.6.

4.2.1.4. Cuando los criterios de diseño se basen en la ***resistencia del hormigón a tracción por compresión diametral o a tracción por flexión***, se debe:

a) Verificar en forma experimental, durante los ensayos de dosificación, que la mezcla cumpla con la resistencia a tracción especificada en los ***Documentos del Proyecto***. Los ensayos de tracción por ***compresión diametral*** se realizarán según la norma IRAM 1658; 1995 y los de ***tracción por flexión*** según la norma IRAM 1547:1992.

b) Determinar la correlación entre la resistencia a compresión y la resistencia a tracción por compresión diametral o a tracción por flexión, según corresponda, mediante ensayos con el mismo hormigón a utilizar en obra. La correlación se debe determinar durante los ensayos de dosificación de la mezcla y cada vez que cambien los materiales componentes.

c) Realizar la recepción del hormigón mediante ensayos de compresión, y verificar el cumplimiento de la resistencia especificada aplicando el coeficiente de correlación determinado según b).

C 4.2.1.4. La correlación entre las resistencias a la compresión y a la tracción resultan muy sensibles al tipo y tamaño de agregado utilizado y al nivel de resistencia del hormigón.

4.2.2. Estimación de la resistencia de diseño de la mezcla

C 4.2.2. Estimación de la resistencia de diseño de la mezcla

4.2.2.1. La resistencia de diseño de la mezcla de hormigón que se utilizará en obra es la resistencia media de rotura a compresión para la cual se dosifica dicha mezcla. La resistencia media de las probetas moldeadas con la mezcla en los ensayos de prueba debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño de la mezcla calculada de acuerdo con el artículo 4.2.2.2.

4.2.2.2. Estimación para distintos Modos de control

C 4.2.2.2. Estimación para distintos Modos de control

a) ***Modo de Control 1***: La ***resistencia de diseño de la mezcla debe ser mayor*** que los valores que resulten de aplicar las siguientes expresiones:

Si la resistencia especificada es **menor o igual a 35 MPa**:

$$f'_{cr} = f'_c + 1{,}34\ s_n \qquad (4\text{-}1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2{,}33\ s_n - 3{,}5 \qquad (4\text{-}2)$$

C 4.2.2.2. Para el ***Modo de Control 1***, las primeras expresiones (***4-1, 4-3***) resultan para una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de 3 resultados de ensayos consecutivos sea menor que la resistencia especificada (f'_c).

Las segundas expresiones (***4-2, 4-4)*** resultan de la necesidad de evitar valores anómalos muy por debajo de la resistencia especificada (f'_c).

Un criterio similar se aplica para las expresiones del ***Modo de Control 2 (4-5, 4-6***).

Si la resistencia especificada es **mayor a 35 MPa**:

$$f'_{cr} = f'_c + 1{,}34\ s_n \qquad (4\text{-}3)$$

$$f'_{cr} = 0{,}90\ f'_c + 2{,}33\ s_n \qquad (4\text{-}4)$$

En estas expresiones se asume que la desviación normal usada es igual al valor de la desviación normal para una población constituida por un gran número de resultados de ensayos.

b) ***Modo de Control 2***: La ***resistencia de diseño de la mezcla*** debe ser mayor que el valor que resulte de aplicar las siguientes expresiones:

$$f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1{,}34\ s_n \qquad (4\text{-}5)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2{,}33\ s_n \qquad (4\text{-}6)$$

siendo:

f'_c la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.

f'_{cr} la resistencia de diseño de la mezcla, en MPa.

s_n la desviación estándar, en MPa.

4.2.2.3. En ningún caso la ***desviación estándar***, s_n, a utilizar en la estimación de la resistencia de diseño de la mezcla debe ser menor que ***3,0 MPa***.

4.2.2.4. Cuando no se cuente con registros para determinar la desviación estándar, el hormigón se debe proyectar adoptando la ***resistencia media de rotura a compresión dada en la Tabla 4.5***.

Tabla 4.5. Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estándar para hormigones sin armar y armados.

Resistencia especificada	Resistencia de diseño de la mezcla (f'_{cr})
MPa	**MPa**
Igual o menor que 20	f'_c + 7,0
Mayor que 20 y menor que 35	f'_c + 8,5
Mayor que 35	f'_c + 10,0

4.2.2.5. Durante la construcción de la obra, y a medida que se disponga de resultados de ensayos, se podrá determinar su desviación estándar y con ese valor reajustar la mezcla. ***El valor a adoptar en ningún caso debe ser menor que 2,0 MPa***.

4.2.3. Desviación estándar

C 4.2.3. Desviación estándar

4.2.3.1. La ***desviación estándar*** a aplicar en los hormigones a producir se debe calcular a partir de los registros de producción de la ***planta elaboradora o de***

antecedentes de la Empresa Constructora.

Los ***resultados de ensayo*** que se utilicen para calcular la desviación estándar deben cumplir los siguientes requisitos:

a) los ***resultados de ensayo*** deben pertenecer a una misma mezcla.

b) los ***materiales y las condiciones de elaboración***, deben ser similares a los del hormigón a producir.

c) los ***procedimientos de control de producción*** realizados deben ser igual de rigurosos que los del hormigón a producir y se debe utilizar el mismo tamaño de probeta del ensayo de resistencia.

d) los ***cambios en los materiales*** y en las ***proporciones de*** *la mezcla*, que se hayan producidos durante el período de tiempo al que corresponden los registros de ensayos, deben ser iguales o más restringidos que aquellos esperados para la obra.

e) los ***resultados*** deben pertenecer a hormigones cuya resistencia esté dentro de un intervalo de ***± 10 MPa*** respecto de la resistencia especificada para el Proyecto a construir.

f) se debe disponer de treinta ***(30***) o más ***resultados de ensayos consecutivos*** o en su defecto de al menos dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen un mínimo de ***30 ensayos***, donde cada grupo no podrá tener menos de ***10 ensayos***.

4.2.3.2. ***Cuando se disponga de treinta (30) o más resultados de ensayos consecutivos que conforman un (1) único grupo***, la desviación estándar se debe determinar aplicando la siguiente fórmula:

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{(n-1)}} \qquad \textbf{(4-7)}$$

siendo:

s_n la desviación estándar

X_i el resultado de un ensayo.

X el promedio de (***n***) resultados de ensayos.

n el número de resultados de ensayos consecutivos.

4.2.3.3. ***Cuando se disponga de dos (2) grupos de ensayos consecutivos, que entre ambos sumen treinta (30) o más resultados de ensayos***, se debe determinar la desviación estándar promedio aplicando la siguiente expresión:

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_{n1})^2 + (n_2 - 1)(s_{n2})^2}{n_1 + n_2 - 2}} \qquad \textbf{(4-8)}$$

siendo:

S_p el ***promedio estadístico de las desviaciones estándares***, cuando se usan dos grupos de resultados de ensayos para determinar la desviación estándar.

s_{n1} ***y*** s_{n2} las desviaciones estándares calculadas por separado para cada uno de los dos grupos de resultados de ensayos.

n_1 ***y*** n_2 el número de resultados de ensayos que conforman cada grupo (***no inferiores a 10).***

4.2.3.4. Si la planta posee registros que cumplan con las condiciones del artículo 4.2.3.1 pero ***sólo se dispone de 15 a 29 resultados*** de ensayos consecutivos, la ***desviación estándar*** (s) se debe determinar con los valores de ensayo disponibles utilizando la expresión indicada en el artículo 4.2.3.2 y ese valor se debe incrementar con el factor que le corresponda según la ***Tabla 4.6.*** Este procedimiento es válido si los ensayos pertenecen a un solo conjunto de ensayos consecutivos realizados dentro de un período de tiempo no menor que ***cuarenta y cinco (45***) días corridos, y comprendido dentro de los últimos doce meses respecto de la fecha del estudio de las proporciones que se efectúa.

C 4.2.3.4. Los factores de incremento de la desviación normal establecidos en la ***Tabla 4.6*** se basan en la distribución del muestreo de la desviación normal, y proporcionan una seguridad equivalente a la que corresponde al adoptar ***30 resultados de*** **ensayos consecutivos, evitando que al tomar una muestra menor se distorsione la verdadera desviación normal de la población del universo.**

Tabla 4.6. Factor que incrementa la desviación estándar (s_n), cuando se dispone de menos de 30 resultados de ensayos consecutivos.

Resultados de ensayos	Factor de modificación de la desviación estándar, s_n
Menos de 15	No aplicable
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30	1,00
Interpolar para un número de ensayos intermedios	

4.2.3.5. ***En todos los casos, a medida que por el avance de obra se disponga de treinta (30) o más ensayos consecutivos***, se debe determinar la

desviación estándar y con este valor reajustar la dosificación del hormigón en caso de ser necesario.

4.2.4. Elección de la razón agua/cemento

4.2.4.1. La ***razón agua/cemento*** o la ***razón agua/material cementicio*** con que se debe proyectar el hormigón debe ser la menor de las dos siguientes:

a) la necesaria para alcanzar la ***resistencia de diseño de la mezcla*** de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.2.2.

b) la menor de las máximas especificadas por ***durabilidad*** y por ***características especiales*** de la estructura, según se establece en el Capítulo 2.

4.2.4.2. Cuando se use ***cemento portland más una adición mineral activa incorporada en el momento del mezclado***, se debe reemplazar la razón agua/cemento ***(a/c)*** por la razón agua/material cementicio ***[a/(c+x)]***, que tenga en cuenta la suma del cemento portland ***(c)*** y la cantidad de adición ***(x)*** (Ver Capítulo 2, ***Tabla 2.5***). Esto deberá ser respaldado con experiencias de laboratorio o por resultados fehacientes de obras anteriores. En ambos casos las experiencias deben haber sido realizadas con los mismos materiales componentes y con hormigones de proporciones similares.

4.2.5. Determinación de la composición del hormigón

La determinación de la composición y proporciones de los materiales del hormigón se debe realizar de acuerdo con uno de los siguientes procedimientos:

a) ***racional*** mediante ***pastones de prueba***

b) ***racional utilizando información de obras anteriores***

c) ***empírico***

En el ***Anexo A 4-1*** se indican los requerimientos de los diferentes procedimientos de dosificación citados (a, b, c).

4.3. PRODUCCIÓN

C 4.3. PRODUCCIÓN

4.3.1. Datos básicos de producción a disponer

4.3.1.1. En el lugar físico desde el cual se opere la planta de elaboración de los hormigones, debe estar disponible la documentación con la indicación precisa

de la composición y de las proporciones de los materiales constituyentes de los hormigones a producir.

Para cada uno de los tipos de hormigón que se elaboren, se determinará la siguiente información:

a) ***Contenido de agua de la mezcla***, expresado en dm^3/m^3 o kg/m^3 de hormigón y en dm^3/pastón o kg/pastón.

b) ***Cantidad de agua neta*** a ingresar a la hormigonera, en función de los distintos valores de humedad que presenten los agregados.

c) Tipo, características y procedencia de los ***agregados*** a emplear.

d) Cantidad de ***agregados*** de cada fracción expresada en kg/m^3.

e) Tipo, marca y procedencia del ***cemento*** y de los ***aditivos*** y tipo y procedencia de las adiciones minerales si las hubiere.

f) Cantidad de ***cemento*** y ***adiciones***, si las hubiere, expresadas en kg/m^3.

g) ***Dosis*** de cada uno de los ***aditivos*** a incorporar a los hormigones, expresada en kg/m^3.

h) ***Razón agua/cemento*** o ***razón agua/material cementicio***, expresada en masa.

i) ***Resistencia de diseño*** a obtener con la dosificación.

j) ***Consistencia*** (valor requerido de asentamiento, extendido, tiempo VeBe, etc.) del hormigón fresco.

k) ***Masa de la unidad de volumen*** del hormigón fresco, expresada en kg/m^3.

4.3.1.2. En el proceso de ***producción de hormigones de clase igual o mayor que H-20*** se deberá registrar, para cada pastón elaborado, la información correspondiente a los puntos a) hasta g) detalladas en el artículo 4.3.1.1.

4.3.2. Medición de los materiales componentes del hormigón

4.3.2.1. Los ***equipos de medición*** deben estar instalados de tal manera que operen dentro de las tolerancias establecidas en el artículo 4.3.2.6, Tabla 4.7, aún ante movimientos y/o vibraciones que se produzcan en la zona de la planta de elaboración de hormigones.

C 4.3.2. Medición de los materiales componentes del hormigón

C 4.3.2.1. Se recomienda que:

- los equipos de medición de la planta de elaboración de hormigones sean operados por personal idóneo y experimentado en su

4.3.2.2. El ***cemento se debe medir en masa*** y en ***forma separada de los agregados***. Como única excepción se admitirá la incorporación a la hormigonera del cemento en sus bolsas originales enteras.

4.3.2.3. Las fracciones de agregados finos y de agregados gruesos se deben medir en forma separada, bajo las siguientes condiciones:

a) Exclusivamente ***en masa*** para hormigones de clase ***mayor que H-20***.

b) En ***masa o en volumen*** para hormigones de ***clase igual o menor que H-20***. Cuando se mida en volumen se debe determinar previamente la densidad a granel (peso unitario) de los materiales en las condiciones de humedad en que se encuentran en el acopio, efectuándose la medición en volúmenes aparentes de materiales sueltos, en recipientes cuidadosamente enrasados de pequeña sección y gran altura.

c) Se debe determinar el contenido de humedad superficial de los agregados, como mínimo al comenzar las tareas de hormigonado y cuando cambie el acopio o las condiciones de humedad del mismo.

d) La cantidad de agregados a introducir en la hormigonera debe ser corregida de acuerdo con su real humedad superficial.

manejo, con capacitación comprobable.

- periódicamente se proceda a limpiar balanzas y articulaciones de los equipos de medición, como así también a realizar controles de funcionamiento.

- controlar las balanzas al iniciarse la producción del hormigón y posteriormente una vez por mes o cuando hubiera presunción de deficiencias en el su funcionamiento. A ese efecto se debe disponer de pesas calibradas o pesas patrón.

- los dispositivos empleados para la medición del agua de mezclado no sean afectados, ni se produzcan errores de medición fuera de las tolerancias establecidas, si varía la presión del agua en la cañería de alimentación.

- se cuente con un sistema de carga automático con ajuste por humedad de agregados; el registro y el almacenamiento de datos de carga de cada pastón; y asegurar la trazabilidad del proceso desde el origen de los materiales.

4.3.2.4. El agua de mezclado se puede medir en masa o en volumen.

C 4.3.2.4. Al medir el agua se tendrá en cuenta el agua aportada en forma de humedad superficial por los agregados y la incorporada como hielo, a los fines de efectuar la corrección correspondiente.

4.3.2.5. Los aditivos químicos líquidos se deben medir en volumen o en masa, y los pulverulentos se deben medir sólo en masa.

4.3.2.6. Cuando los materiales componentes del hormigón se midan en masa y el agua en masa o en volumen, deben cumplir las tolerancias establecidas en la ***Tabla 4.7.***

4.3.2.7. Las ***balanzas*** deben estar graduadas como mínimo al ***0,1 %*** de su capacidad máxima y se deben utilizar en el intervalo comprendido entre el ***30 %*** y ***90 %*** de su capacidad.

Tabla 4.7. Tolerancia porcentual admitida en la medición de los materiales por pastón.

Materiales	Tolerancia porcentual admitida en la medición, respecto a la masa total de cada material
Cemento - Adiciones minerales	± 1,0 %
Cada fracción de agregado	± 2,0 %
Agua de mezclado (incluyendo hielo)	± 1,0 %
Aditivos químicos (polvo o líquidos), pigmentos, fibras	± 3,0 %

4.3.3. Mezclado del hormigón

C 4.3.3. Mezclado del hormigón

Este artículo contiene los aspectos generales de la producción de hormigón. Los requisitos y control de la producción de hormigón elaborado están contemplados en la norma IRAM 1666:2020.

4.3.3.1. La ***operación de mezclado*** se debe realizar exclusivamente en forma mecánica.

4.3.3.2. Los ***equipos de mezclado*** se deben encontrar en condiciones de uso y mantenimiento que permitan cumplir con lo establecido en este Reglamento. Se debe llevar un registro de los servicios de mantenimiento y controles de funcionamiento efectuados desde su puesta en servicio.

4.3.3.3. Las **condiciones *de mezclado*** deben garantizar la homogeneidad del hormigón (ver el artículo 4.1.6)

4.3.3.4. El ***tiempo de mezclado*** se debe medir a partir del momento en que todos los materiales ingresaron al tambor de la mezcladora. Para ***cada equipo mezclador*** el tiempo mínimo de mezclado se debe determinar al iniciar la producción en obra y posteriormente cuando hubiere presunción de deficiencias de funcionamiento. Si el equipo tiene una capacidad nominal superior a ***1 m³***, el tiempo mínimo de mezclado se determinará con una frecuencia igual o menor a seis ***(6)*** meses.

C 4.3.3.4. Los ***tiempos mínimos de mezclado*** se establecen para lograr una mezcla razonablemente homogénea. La uniformidad de un pastón se verifica a través de la norma IRAM 1876:2004. El tiempo de mezclado necesario para alcanzar la uniformidad depende, entre otras cosas, del tipo de hormigonera, de la consistencia del hormigón y del tipo y tamaño máximo del agregado.

4.3.3.5. Cuando el hormigón se mezcle mediante motohormigoneras, se debe cumplir que:

a) el volumen de hormigón debe ser menor que el ***80 %*** de la capacidad bruta del tambor mezclador.

b) el tiempo de mezclado, a la velocidad establecida, garantice las condiciones de homogeneidad (artículo 4.1.6).

C 4.3.3.5. Para el caso de ***hormigón elaborado*** la norma IRAM 1666:2020 brinda precisiones acerca de las alternativas de mezclado, los tiempos a considerar y la operación de los diferentes equipos.

4.3.3.6. Los ***aditivos químicos líquidos*** se deben ingresar al tambor de la hormigonera en forma de soluciones acuosas, como parte del agua de mezclado, con excepción de los superfluidificantes líquidos que se pueden incorporar sin dilución. Cuando el hormigón contenga dos ***(2)*** o más aditivos químicos, estos se deben almacenar, medir e ingresar en forma separada al tambor de la hormigonera. En el caso del uso de más de un aditivo se debe verificar previamente la compatibilidad entre los productos empleados desde el punto de vista del comportamiento del hormigón fresco y endurecido.

C 4.3.3.6. En el caso de aditivos en polvo se suelen incorporar a la mezcla junto con los agregados y el cemento.

4.3.3.7. Para ***hormigoneras estacionarias de ejes horizontal, basculante o vertical, el tiempo de mezclado*** se debe establecer determinando el mínimo tiempo requerido para que el hormigón producido cumpla con las condiciones de homogeneidad de una mezcla, establecidas en el artículo 4.1.6.

4.3.3.8. Si no se aplica lo especificado en el artículo 4.3.3.7, para las ***hormigoneras estacionarias de eje horizontal con inversión de marcha y de eje basculante***, los tiempos mínimos de mezclado deben ser los que se indican en la ***Tabla 4.8.***

C 4.3.3.8. Los ***valores mínimos de tiempo de mezclado*** indicados para hormigoneras de eje basculante y de eje horizontal con inversión de marcha, asumen un correcto funcionamiento de las mismas. Las ***hormigoneras de eje vertical*** de más de ***2 m³*** de capacidad nominal, en condiciones de óptimo funcionamiento, cumplen los requisitos de uniformidad de IRAM 1876:2004 con menores tiempos de mezclado que los indicados para hormigoneras convencionales. En tales casos, verificando la eficiencia del mezclado, se puede reducir el tiempo establecido para hormigoneras convencionales.

4.3.3.9. El tiempo máximo de mezclado para cada hormigón deberá establecerse en función de los equipos de mezclado empleados. Deberá ser el mínimo

C 4.3.3.9. El ***tiempo de mezclado no debe exceder 3 veces el mínimo establecido para cada equipo***, ya que su prolongación no genera

posible que garantice la homogeneidad del material.

beneficios adicionales de homogeneidad y puede provocar desgaste del agregado grueso, mayor pérdida de agua por evaporación, elevación de temperatura y pérdida de aire intencionalmente incorporado.

Tabla 4.8. Tiempos mínimos de mezclado en hormigoneras de eje horizontal con inversión de marcha y de eje basculante.

Volumen de hormigón	Tiempo mínimo de mezclado
Igual o menor que 1 m^3	90 s
Entre 1 m^3 y 2 m^3	110 s
Entre 2 m^3 y 3 m^3	130 s
Entre 3 m^3 y 4 m^3	150 s
Mayor que 4 m^3	180 s

4.4. TRANSPORTE DEL HORMIGÓN EN OBRA

C 4.4. TRANSPORTE DEL HORMIGÓN EN OBRA

4.4.1. Aspectos generales

C 4.4.1. Aspectos generales

Las condiciones de transporte del hormigón deben establecerse teniendo en cuenta la consistencia del material, el aumento de consistencia con el tiempo y el fraguado.

En los artículos siguientes se describen los métodos de transporte, tanto hasta la obra como dentro de la misma, su campo de aplicación y particularidades.

En este artículo se indican los requisitos generales vinculados al transporte del hormigón. En el caso del hormigón elaborado el transporte del hormigón hasta un punto de entrega se puede realizar de acuerdo con la norma IRAM 1666:2020.

La consistencia del hormigón aumenta con el tiempo de transporte conforme los materiales utilizados y la temperatura; esto puede ser importante y afectar la colocación del hormigón.

No se debe confundir el aumento de consistencia con el comienzo del fraguado del hormigón. El tiempo de fraguado inicial debe ser mayor que la suma de los tiempos requeridos para transportar, colocar y compactar el hormigón. Para determinados tipos de estructuras, como pilotes y elementos flexados de grandes dimensiones que se hormigonen en tiempo caluroso, el tiempo de transporte debe permitir colocar y compactar el hormigón antes que comience el fraguado inicial.

4.4.2. Transporte en camiones sin dispositivos mezcladores ni de agitación

4.4.2.1. El hormigón con un ***asentamiento*** igual o menor que ***7,0 cm*** a la salida de la planta elaboradora, puede ser transportado, hasta la obra y dentro de la misma, en camiones o vehículos adecuados sin dispositivos mezcladores ni de agitación, si se cumplen todas las condiciones establecidas en los artículos 4.4.2.2 a 4.4.2.7 inclusive.

4.4.2.2. El hormigón no se debe ***segregar*** durante el transporte.

4.4.2.3. Los ***vehículos de transporte*** deben tener cajas metálicas, lisas, estancas con aristas y vértices redondeados, y deben estar provistos de puertas que permitan controlar la descarga del hormigón, y de los medios o cubiertas necesarias para proteger al hormigón contra las acciones climáticas y contra toda posibilidad de contaminación con sustancias extrañas.

4.4.2.4. Al momento de su descarga del vehículo de transporte, el hormigón debe tener la ***consistencia necesaria*** para su colocación y compactación acorde con los equipos disponibles en el lugar, de acuerdo con las prescripciones de este Reglamento.

4.4.2.5. El hormigón debe ser ***completamente descargado*** con tiempo suficiente para que pueda ser colocado, compactado y terminado con los medios disponibles en la obra antes de que se haya alcanzado su tiempo de fraguado inicial (norma IRAM 1662).

4.4.2.6. Se debe verificar que el ***hormigón sea uniforme*** luego de haber sido transportado con los equipos dispuestos, aplicando el criterio establecido en el artículo 4.1.6. Ello se debe realizar al inicio del proceso y luego con una frecuencia igual o menor de ***6 meses***, o cuando hubiere presunción de alteraciones en el proceso.

4.4.2.7. Si no se determina el ***tiempo de fraguado inicial*** del hormigón para verificar la condición establecida en el artículo 4.4.2.5, o ***no se controla la uniformidad del hormigón*** luego de efectuado el transporte, de acuerdo con el artículo 4.4.2.6, se debe limitar el transporte por este medio a un ***recorrido máximo*** de ***10 km***, exclusivamente por camino nivelado, y la descarga del hormigón se debe concluir en un lapso máximo de ***30 minutos*** desde que el agua se puso en contacto con el cemento.

4.4.3. Transporte del hormigón mediante motohormigoneras o equipos agitadores

C 4.4.3. Transporte del hormigón mediante motohormigoneras o equipos agitadores

4.4.3.1. Los equipos motohormigoneros deben cumplir con las condiciones establecidas en la norma IRAM 1666:2020.

4.4.3.2. Cuando el mezclado del hormigón se complete en planta el transporte se debe realizar con el tambor de la motohormigonera en velocidad de agitación. Cuando el mezclado se efectúe en la motohormigonera en tránsito, el transporte se realizará a velocidad de mezclado hasta que se completen de ***70 a 100***

C 4.4.3.2. Para que la velocidad del tambor de la motohormigonera pueda ser considerada como de mezclado deberá estar comprendida entre ***14 y 18 rev/min*** y la velocidad del tambor para el caso de agitación del hormigón deberá estar entre ***2 y 6 rev/min.***

revoluciones del tambor, manteniéndolo luego en velocidad de agitación.

4.4.3.3. Cuando la motohormigonera llegue a pie de obra, antes de proceder a su descarga, se debe realizar un remezclado del hormigón con velocidad de giro del tambor correspondiente a mezclado. El número necesario de revoluciones del tambor se debe determinar de acuerdo con el criterio de cumplimiento de la uniformidad de composición del hormigón producido, establecido en la norma IRAM 1666:2020, pero en ningún caso debe ***ser menor a 25 revoluciones.***

4.4.3.4. La ***descarga total de las motohormigoneras se*** debe producir con tiempo suficiente para que el hormigón se pueda colocar, compactar y terminar con los medios disponibles en la obra antes de haber alcanzado su tiempo de fraguado inicial.

C 4.4.3.4. La ***consistencia del hormigón*** al momento de la descarga debe ser compatible con los medios disponibles para colocarlo y compactarlo de acuerdo con lo indicado en este Reglamento.

4.4.3.5. Al comienzo de la obra y ante la advertencia de anomalías en la uniformidad del hormigón el Director de Obra deberá verificar la eficiencia de mezclado de los equipos motohormigoneros, aplicando el criterio establecido en el artículo 4.1.6.

4.4.3.6. Cuando no se determine el tiempo de fraguado inicial del hormigón para verificar el artículo 4.4.3.4, o no se controle la uniformidad del hormigón, según el artículo 4.4.3.5, la ***descarga total de las motohormigoneras*** se debe producir antes de que transcurran ***120 minutos*** contados a partir del momento en que el agua se puso en contacto con el cemento.

C 4.4.3.6. En caso de agregados propensos al ***desgaste***, que generen aumentos en el contenido de polvo, es recomendable limitar a un máximo de 300 las revoluciones del tambor de la motohormigonera.

4.4.3.7. Durante el transporte se puede producir un ***aumento de consistencia importante*** que afecte las condiciones de colocación y compactación. En esos casos, el incremento de consistencia será compensado antes de la descarga del hormigón, por alguno de los siguientes métodos:

a) Mediante el ***agregado de un aditivo superfluidificante***.

b) Mediante el ***agregado de agua.*** En este caso, la cantidad de agua a agregar debe ser parte del agua total correspondiente a la dosificación de la mezcla. Esta operación debe contar con la aprobación previa de la Dirección de Obra. El agua debe ser medida y registrada como agua adicionada fuera de planta por un método certero y fehaciente. El agua adicionada no debe afectar los requisitos de resistencia y durabilidad para la clase de hormigón.

C 4.4.3.7. Es ***poco recomendable agregar agua.*** En caso de agregar agua, esto se debe acordar entre el productor de hormigón y la dirección / responsable de la obra, así como la metodología para la medición, y la incorporación y el control del agua a agregar para recuperar el asentamiento.

Cabe recordar que la incorporación de agua por encima de la correspondiente a la dosificación de la mezcla modifica la resistencia y durabilidad del hormigón

4.5. TRASLADO DEL HORMIGON HASTA EL EMPLAZAMIENTO DEFINITIVO EN LA ESTRUCTURA

C 4.5. TRASLADO DEL HORMIGON HASTA EL EMPLAZAMIENTO DEFINITIVO EN LA ESTRUCTURA

4.5.1. Generalidades

El hormigón debe ser conducido desde la hormigonera, desde el lugar de descarga de la motohormigonera o desde los vehículos de transporte hasta el emplazamiento definitivo, con la mayor rapidez posible y sin interrupciones, empleando métodos y procedimientos que eviten la pérdida de humedad y la segregación del mismo.

La verificación de la ***homogeneidad*** del hormigón luego de efectuado su transporte hacia el elemento a llenar, se debe realizar cada vez que existan dudas sobre la eficacia del proceso dispuesto, presunción de deficiencias en el funcionamiento del equipo utilizado o alteraciones significativas en el hormigón. Será de aplicación el criterio establecido en el artículo 4.1.6.

C 4.5.1. Generalidades

Los equipos y medios de transporte del hormigón deben ser capaces de entregar, en el punto de descarga, en forma continua y confiable, un hormigón de constitución homogénea. Tal eficiencia se debe determinar aplicando el criterio establecido en el ***artículo 4.1 de este Reglamento***, debiendo modificarse el proceso o los medios si la evaluación resultara negativa.

4.5.2. Transporte del hormigón mediante canaletas

4.5.2.1. Las canaletas sólo se pueden emplear como elementos auxiliares, verificando que no produzcan segregación del hormigón.

4.5.2.2. Las superficies de la canaleta en contacto con el hormigón se deben confeccionar con materiales no absorbentes, deben ser lisas, estancas y sus aristas y vértices deben ser redondeados.

4.5.2.3. La inclinación máxima de las canaletas debe ser aquella que permita el escurrimiento lento de la masa fresca, sin segregación de los componentes. No debe superar los 35º a partir de la horizontal.

4.5.3. Transporte del hormigón mediante cintas

4.5.3.1. El transporte mediante cintas se puede utilizar para hormigones con consistencias muy seca a muy plástica. Las cintas serán de material no absorbente y de sección transversal cóncava.

4.5.3.2. El hormigón transportado por cintas debe ser descargado en el sitio de colocación a través de una tolva. La velocidad de transporte no debe provocar segregación en el punto de transferencia.

4.5.3.3. Cuando se deba evaluar la homogeneidad del hormigón, de acuerdo con lo indicado en el artículo 4.5.1, dicha evaluación se debe efectuar al final del

C 4.5.3. Transporte del hormigón mediante cintas

C 4.5.3.1. El perfil transversal que adopta la cinta en condiciones de transporte, la inclinación en el sentido del transporte y la velocidad de transporte, deben ser tales que aseguren la homogeneidad del hormigón transportado, evitando su segregación, de acuerdo al criterio prescrito en el artículo 4.1.6.

C 4.5.3.2. Las partículas de agregado de diferente tamaño llegan a los puntos de transferencia con diferente impulso. Esto puede provocar segregación del hormigón y se regula mediante la tolva de descarga.

conjunto de cintas de transporte y tolvas de transferencia con el criterio establecido en el artículo 4.1.6.

4.5.3.4. En épocas con temperatura ambiente igual o mayor que ***25 ºC*** o humedad relativa del aire inferior a ***70 %,*** se debe evitar la pérdida de humedad del hormigón.

4.5.4. Transporte del hormigón por bombeo

4.5.4.1. La composición del hormigón debe permitir transportarlo por bombeo sin segregación como una vena continua, evaluándose el comportamiento en la boca de descarga de la cañería.

El procedimiento de bombeo no debe afectar la homogeneidad del hormigón. Ello se debe verificar con muestras obtenidas, en distintas oportunidades, del punto de descarga de la cañería y aplicando el artículo 4.1.6.

Cuando la estructura este ***expuesta a condiciones C1 o C2*** y el hormigón se transporte por bombeo, se deberá verificar la cantidad de aire intencionalmente incorporado en el hormigón al final de la cañería de bombeo.

4.5.4.2. El equipo de bombeo debe asegurar un transporte continuo del hormigón hasta el lugar de su colocación definitiva.

4.5.4.3. Las cañerías, soportes, fijaciones y uniones del conjunto de bombeo deben estar diseñados para soportar el doble de la presión máxima del equipo. Las cañerías no deben estar constituidas por aluminio ni aleaciones que lo contengan, y deben tener un diámetro interno por lo menos ***3*** veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso del hormigón. Los conductos flexibles, o mangas, sólo se admiten en el extremo de descarga.

4.5.4.4. Las instalaciones se deben limpiar mediante agua a presión al finalizar las tareas de hormigonado, y cada vez que se interrumpa el bombeo por un lapso superior a la mitad del tiempo de fraguado inicial del hormigón. Si no se determina el tiempo de fraguado del hormigón, se debe limpiar en forma total la cañería cuando se interrumpa el bombeo por un lapso superior a ***60 minutos.***

4.5.4.5. Cuando la cañería de bombeo termine en un tramo vertical o subvertical descendente, se debe adoptar una de las siguientes alternativas:

C 4.5.4. Transporte del hormigón por bombeo

C 4.5.4.1. Habitualmente el hormigón bombeado pierde fluidez (entre unos ***2 y 4 cm*** de asentamiento) entre su ingreso dentro de la tolva de la bomba y su salida final de la cañería. Se recomienda tener esto en cuenta para que, al momento de la salida, posea la consistencia requerida.

a) Durante todo el hormigonado la ***tubería vertical*** debe tener su extremo final sumergido en el hormigón fresco ya colocado.

b) ***Horizontalizar*** un tramo de tubería antes de la descarga.

4.5.5. Transporte del hormigón mediante tuberías verticales

Las tuberías para el transporte vertical del hormigón, desde una cota superior a una cota inferior, deben estar constituidas por caños de sección circular. Los mismos pueden ser metálicos, de material plástico o goma. Su diámetro debe ser igual o mayor que ocho veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

4.5.6. Transporte con caja estanca o balde

Los hormigones de consistencia muy seca, seca o plástica con un ***asentamiento menor o igual a 7,0 cm*** pueden ser transportados hasta el punto de entrega en una caja estanca sin dispositivo mezclador ni de agitación, si se cumplen las siguientes condiciones:

a. El hormigón no se segrega durante el transporte

b. La caja estanca es metálica, de superficie lisa, estanca con aristas y vértices redondeados, y está provista de puertas que le permiten controlar la descarga del hormigón y de los medios necesarios para proteger al hormigón contra acciones climáticas y contaminación con sustancias extrañas;

c. La consistencia del hormigón en el momento de la descarga es la especificada por el usuario más la tolerancia;

d. Se verifica que el hormigón cumple con lo indicado en el artículo 4.1.6;

e. El transporte se realiza por un camino nivelado, la distancia no excede los ***15 km*** y la descarga del hormigón concluye en un tiempo máximo de 30 minutos desde que el agua y el cemento entren en contacto.

4.6. COLOCACIÓN

4.6.1. Aspectos generales

El hormigón se debe disponer en el sitio más cercano al de su posición definitiva, evitando desplazamientos que devengan en la segregación del hormigón.

C 4.6. COLOCACIÓN

C 4.6.1. Aspectos generales

A modo de referencia se enumeran los puntos a verificar:

Antes de iniciar las operaciones de hormigonado se deben verificar los encofrados, superficies de las fundaciones, estado y disposición de las armaduras, seguridad de elementos de sostén, disponibilidad de equipamiento y mano de obra.

a) Dimensiones, niveles, alineación, estanqueidad y condiciones de los encofrados.

b) Diámetros, separaciones, recubrimiento y estado superficial de las armaduras.

c) Estado de las superficies de las fundaciones.

d) Seguridad en las estructuras de apuntalamiento de los encofrados y otros elementos de sostén.

e) Disponibilidad suficiente en cantidad y calidad de los materiales, equipos y mano de obra necesarios para realizar las operaciones de colocación, compactación, terminación y curado continuo de los elementos estructurales.

4.6.2. Estructuras hormigonadas en contacto con el suelo

C 4.6.2. Estructuras hormigonadas en contacto con el suelo

4.6.2.1. Los elementos de fundación no se deben ejecutar directamente sobre el suelo. Este debe ser cuidadosamente limpiado, compactado y alisado, para luego recubrirlo con una capa de hormigón bien compactada y de un espesor igual o mayor que ***50 mm***, denominada capa de limpieza. En casos donde no existan condiciones de agresividad, dicho hormigón será de ***calidad H20 o superior.*** En caso de hormigones expuestos a condiciones de agresividad que correspondan a las ***clases Q1 a Q4*** se utilizará un hormigón de calidad similar al especificado en la ***Tabla 2.5***.

4.6.2.2. El ***espesor de esta capa de limpieza*** no se debe tener en cuenta a los efectos del dimensionamiento estructural.

4.6.2.3. Luego de construida la capa de limpieza deberá transcurrir el tiempo necesario para evitar su degradación antes de construir sobre ella el elemento de fundación.

4.6.2.4. No se debe colocar hormigón sobre terrenos o superficies de fundación congelados, o que estén cubiertos de hielo, nieve o materiales congelados.

C 4.6.2.4. Las ***superficies congeladas*** se deben descongelar hasta una profundidad tal que, una vez colocado el hormigón, la superficie de contacto no se vuelva a congelar durante el período establecido para protección del hormigón.

4.6.3. Estructuras hormigonadas en contacto o bajo agua

C 4.6.3. Estructuras hormigonadas en contacto o bajo agua

4.6.3.1. Estas especificaciones contemplan el caso de hormigón en contacto con agua en reposo.

C 4.6.3.1. Para el caso de ***agua en movimiento se deberán realizar estudios particulares.***

4.6.3.2. Cuando haya que ***colocar hormigón bajo agua***, para la composición del mismo se deben respetar los requisitos establecidos en el ***Capítulo 9*** de este Reglamento.

4.6.3.3. La colocación se debe realizar evitando el flujo de agua a través de la masa de hormigón fresco. La incorporación del nuevo hormigón se debe hacer desde adentro de la masa fresca ya colocada para que no tome contacto con el agua circundante.

C 4.6.3.3. Las técnicas de colocación de hormigón bajo agua se basan en evitar el flujo de agua a través de la masa fresca. El procedimiento (bombeo o colado por tuberías) debe garantizar que el hormigón se coloque desde adentro de la masa fresca ya colocada. Una cantidad inicial funciona como sello o tapón, de modo que la mayor parte del hormigón no se ponga en contacto con el agua. En general, este hormigón colocado para sello (que toma contacto con el agua circundante) debe ser posteriormente eliminado, y no tomarse en consideración.

En casos de pilotes y cajones de fundación resulta conveniente especificar un espesor mínimo que funcione como sello o tapón que evite el flujo de agua a través de la masa fresca de hormigón.

4.6.3.4. El proceso de hormigonado debe ser continuo. Se deben evitar interrupciones en el hormigonado en las que se puedan producir pérdida de fluidez o inicio del fraguado.

En caso que por fuerza mayor ocurrieren, el proyectista y/o el Director de Obra deberán adoptar los estudios necesarios para reiniciar el proceso sin afectar la integridad de la estructura.

C 4.6.3.4. En general, y dependiendo del hormigón empleado, detenciones y demoras menores de ***30 minutos*** no requieren de mayores cuidados al reinicio del proceso de moldeo. Si se excede ese límite se puede perder la continuidad en el hormigonado. Esta situación se puede superar si el hormigón contiene un retardador de fraguado y se continúa la colocación de modo que el hormigonado no se detenga totalmente, aunque se efectúe a ritmo muy lento, hasta que se restablezca el suministro normal.

A efectos de evitar inconvenientes durante la colocación del hormigón, se recomienda duplicar los controles de consistencia y contenido de aire de los hormigones colocados bajo agua.

4.6.4. Estructuras hormigonadas en contacto con encofrados

C 4.6.4. Estructuras hormigonadas en contacto con encofrados

4.6.4.1. Las ***superficies internas de los encofrados***, se deben limpiar en forma cuidadosa, eliminando todo resto de mortero u hormigón endurecidos y cualquier otra sustancia extraña o restos de madera que ocupen el lugar donde se debe colocar el hormigón.

4.6.4.2. Al empezar la colocación del hormigón no debe existir acumulación de agua u otros líquidos sobre la superficie de los encofrados.

4.6.4.3. Las ***superficies internas de los encofrados*** se deben cubrir con un agente anti-adhesivo que facilite el rápido y limpio desencofrado de los elementos estructurales. Asimismo, la superficie interna de los

C 4.6.4.3. Es recomendable que el material del encofrado no sea excesivamente poroso.

encofrados no debe producir roturas del hormigón, alterar su proceso de endurecimiento, ni debe ocasionar deterioro sobre la calidad del hormigón de recubrimiento.

4.6.4.4. Sobre la ***superficie interna del encofrado*** se pueden colocar membranas destinadas a mejorar la calidad del hormigón de recubrimiento de armaduras, o para lograr efectos estéticos en la superficie de hormigón visto. La utilización de estas membranas está condicionada a que se demuestre que las mismas no producen efectos desfavorables que alteren las características del hormigón endurecido.

4.6.5. Disposiciones sobre colocación del hormigón

C 4.6.5. Disposiciones sobre colocación del hormigón

4.6.5.1. El hormigón debe ser colocado, compactado y terminado en obra antes de que alcance el tiempo de fraguado inicial.

4.6.5.2. El hormigón se debe colocar en capas horizontales y continuas de un espesor máximo de ***0,50 m,*** las cuales deben ser completamente compactadas antes que la capa precedente haya alcanzado el tiempo de fraguado inicial. Se exceptúan de esta limitación los elementos estructurales indicados en el artículo 4.6.5.3. Dichas capas pueden ser continuas o escalonadas, según sea la longitud y espesor del elemento estructural. Cada capa debe ser solidarizada a la inferior, mediante la compactación conjunta con un espesor mínimo de ***5 cm*** de dicha capa.

4.6.5.3. En columnas, vigas y otros elementos estructurales esbeltos y de volumen reducido, el espesor de la capa de hormigonado se puede aumentar a ***1 m***, si se verifica que se puede obtener la máxima densidad del hormigón sin pérdida de homogeneidad.

4.6.5.4. La máxima altura para verter el hormigón libremente será de ***1,50 m.*** Para alturas mayores se debe conducir la vena de hormigón empleando embudos y/o conductos metálicos verticales ajustables, de forma cilíndrica. Se pueden adoptar mayores alturas de caída libre si la sección a llenar, la densidad de armaduras y las propiedades en estado fresco de la mezcla aseguran un llenado homogéneo de la estructura, sin segregación. Tal condición debe ser verificada por el Director de Obra.

C 4.6.5.4. Los conductos pueden ser rígidos, articulados o flexibles.

Es recomendable diseñar la mezcla teniendo en cuenta la altura para verter el hormigón y la densidad de armaduras prevista en los elementos estructurales.

4.6.5.5. No se debe colocar hormigón si las condiciones climáticas (lluvia, viento, nieve, humedad ambiente) pueden perjudicar su calidad o impedir que las operaciones de colocación, compactación, protección y curado inicial se realicen en forma adecuada.

4.6.5.6. El vertido del hormigón se debe efectuar de modo tal que la masa fresca no cambie bruscamente la dirección de su movimiento, ni que impacte contra obstáculos que puedan originar rebote.

4.6.5.7. El ingreso del hormigón en los encofrados se debe realizar en forma continua y con la menor velocidad de colocación posible.

4.6.5.8. Cuando no se disponga de los medios adecuados y eficaces para proteger al hormigón y evitar los efectos perjudiciales de las temperaturas extremas, de acuerdo con los artículos 5.1 y 5.2, se deben interrumpir las operaciones de colocación.

4.6.5.9. Durante las operaciones de colocación y compactación del hormigón, las armaduras no se deben deformar, ni desplazar con respecto a la ubicación establecida en los planos.

4.6.6. Hormigonado de elementos típicos

C 4.6.6. Hormigonado de elementos típicos

4.6.6.1. Las losas se deben hormigonar en todo su espesor mediante fajas continuas y paralelas, preferentemente en la dirección de la luz menor. El ancho de la faja debe ser el que corresponda para que, al colocar el hormigón de la faja contigua, el hormigón de la anterior no haya comenzado a fraguar (ver artículo 4.6.5.1).

4.6.6.2. En superficies planas, el vertido se debe ejecutar a distancias cortas entre sí, evitando la formación de grandes pilas o montículos que requieran de importantes movimientos transversales para alcanzar su sitio definitivo.

4.6.6.3. Cuando se hormigonan columnas se debe evitar colar el hormigón a través de armaduras de vigas muy densas.

C 4.6.6.3. Se recomienda hormigonar las columnas hasta el ***nivel de fondo de vigas sin colocar las armaduras de las vigas***. Posteriormente se tratarán las juntas constructivas, se colocarán las armaduras de vigas y se continúa con las operaciones constructivas.

4.6.6.4. En las vigas placas, el nervio y la losa se deben hormigonar en forma simultánea con el objeto de garantizar la absorción del esfuerzo de corte que se produce entre ambos. En caso contrario se deben disponer elementos de transferencia del esfuerzo de corte dimensionados de acuerdo con las prescripciones de este Reglamento.

4.6.6.5. Las bases de fundación se deben ejecutar preferentemente en una sola operación continua. Cuando por razones constructivas ello no fuera posible, se permite subdividir su hormigonado, tratando las superficies de contacto de acuerdo con lo establecido

en el artículo 4.8.4. En este caso se debe presentar una memoria de cálculo sobre la transferencia de los esfuerzos cortantes y detalles de la ejecución, la cual debe ser aprobada por la Dirección de Obra.

4.6.6.6. Los elementos estructurales que apoyen sobre bases se deben moldear, como mínimo, después de transcurridas ***48 h*** de la ejecución de las mismas.

4.6.6.7. Cuando se coloque hormigón en una superficie inclinada, la operación se debe iniciar en el punto más bajo de aquella, aplicando técnicas de colocación y características de la mezcla fresca que eviten el desplazamiento del hormigón al compactar.

4.6.6.8. Si se interrumpiese la construcción de la estructura por un período mayor de ***3 meses***, se deben proteger las armaduras salientes en espera, destinadas a vincular la futura ampliación, contra los efectos de la corrosión utilizando una capa continua de pasta de cal protegida con un mortero de cemento. No se pueden proteger las armaduras salientes en espera utilizando hormigón pobre o mampostería sin previamente realizar sobre las barras las protecciones establecidas precedentemente.

C 4.6.6.8. Siempre es conveniente que las armaduras se encuentren limpias y sin signos de corrosión. Si estas muestran un grado avanzado de corrosión se recomienda limpiarlas mediante agua a presión (mayor a ***200 bares***) o hidroarenado.

4.6.6.9. Al reiniciar la construcción de una estructura se deben limpiar en forma cuidadosa las armaduras salientes, retirando todo vestigio de material de protección y de óxido. Antes de utilizar la armadura en espera se debe verificar su estado, en especial la parte empotrada debajo de la interfase hormigón-aire; ante signos de corrosión avanzada deberán ser reemplazadas total o parcialmente. Se considera corrosión avanzada cuando, luego de la limpieza, se constate una disminución de cualquier sección transversal igual o mayor que ***10 %***.

4.7. COMPACTACIÓN

C 4.7. COMPACTACIÓN

4.7.1. Requisitos generales

C 4.7.1. Requisitos generales

Este artículo es aplicable a todos los hormigones de distinta consistencia, ***con excepción de los hormigones autocompactantes que se consideran en el Capítulo 9.***

4.7.1.1. Durante e inmediatamente luego de colocado, el hormigón se debe compactar hasta alcanzar la máxima densidad posible, evitando eliminar aire intencionalmente incorporado (si existiera), la segregación del hormigón y que queden porciones sin consolidar.

4.7.1.2. En ningún caso se debe colocar hormigón fresco sobre otro que no haya sido compactado.

4.7.1.3. El hormigón no debe ser vibrado ni revibrado después que el mismo alcanzó su tiempo de fraguado inicial.

4.7.1.4. Una vez alcanzado el tiempo de fraguado inicial del hormigón, y hasta por lo menos ***24 h*** después, se debe evitar todo movimiento, golpe o vibración de los encofrados y de los extremos salientes de las armaduras. La Dirección de Obra puede admitir el desmolde a menor edad cuando se haya alcanzado el nivel de resistencia mínima en el hormigón para permitir el desmolde y esto no acarree perjuicio a la calidad especificada en el proyecto. Asimismo, es posible utilizar el criterio de madurez para determinar el momento de desencofrado y reapuntalamiento de la estructura.

4.7.1.5. Antes del inicio de cada hormigonado se deben disponer en el lugar equipos alternativos de colocación y compactación para reemplazar a aquellos que sufran desperfectos.

4.7.1.6. El método de compactación debe ser elegido de acuerdo con las características del hormigón fresco y el tipo de elemento a llenar.

C 4.7.1.6. La magnitud de la energía necesaria para compactar el hormigón es función de su comportamiento reológico. A los fines prácticos se la correlaciona con la consistencia de la mezcla fresca, la que a su vez se vincula con las características de la estructura a moldear.

En el ***Anexo A 4-1*** se indican los medios de compactación recomendados de acuerdo con la consistencia del hormigón fresco.

4.7.2. Compactación mediante vibradores de inmersión

C 4.7.2. Compactación mediante vibradores de inmersión

4.7.2.1. La ***masa de elemento vibrante*** se debe elegir teniendo en cuenta la consistencia del hormigón y la frecuencia y amplitud de vibración, de forma tal que se eliminen vacíos de la masa del hormigón sin producir segregación ni eliminación de aire intencionalmente incorporado en el hormigón.

C 4.7.2.1. La ***vibración se efectúa con el objeto de reducir la fricción entre las partículas para darle mayor movilidad a la masa fresca y para eliminar el aire que pudiese quedar ocluido en el hormigón fresco, alcanzando así una mayor compacidad.***

El diámetro del elemento vibrante debe permitir su fácil introducción en los encofrados y a través de las armaduras.

En el ***Anexo A 4-1*** se indican, para cada rango de consistencia del hormigón, las características de los vibradores recomendados. Dada la importancia de su correcto funcionamiento se debe verificar que la frecuencia y amplitud se encuentren dentro de los valores recomendados.

El control de la eficiencia del equipo se realiza según norma IRAM 1705: 1985.

4.7.2.2. El ***hormigón de consistencias muy seca, seca y plástica y muy plástica*** se debe compactar con vibradores internos de alta frecuencia. Cuando sea posible se debe complementar con golpeteo de los encofrados y/o con vibradores de encofrados. En elementos confinados, como tabiques delgados y revestimientos de bóvedas de túneles, la compactación se puede complementar con vibradores de encofrados.

C 4.7.2.2. ***Ver el Anexo A 4-1, Tabla A4-1.2***

4.7.2.3. El hormigón de consistencias fluida y muy fluida se debe compactar por vibración interna muy leve y cuidadosa.

C 4.7.2.3. Un exceso de energía de compactación se manifiesta como pérdida de homogeneidad y/o segregación del hormigón. En hormigones de consistencia fluida o muy fluida la vibración no es necesaria para mejorar la movilidad del material. Se recomienda utilizarla exclusivamente para eliminar el aire atrapado y mejorar la compacidad de la mezcla colocada, reduciendo el tiempo de vibrado al mínimo imprescindible.

4.7.2.4. Al compactar con vibración interna se debe asegurar que:

a) los vibradores se inserten a distancias uniformemente espaciadas entre sí, con una separación menor que el diámetro del círculo dentro del cual la vibración es visiblemente efectiva.

b) los vibradores se deben introducir y extraer de la masa de hormigón en posición vertical. Se debe retirar el vibrador en forma lenta, asegurando que se cierre adecuadamente el hueco dejado por el vibrador en el hormigón.

c) en cada lugar de inserción, el vibrador debe ser mantenido solo el tiempo necesario y suficiente para compactar el hormigón, sin que el mismo se segregue.

d) en ningún caso se deben utilizar los vibradores como medio para el desplazamiento del hormigón colocado.

e) se debe evitar el contacto de los vibradores con el encofrado o con las armaduras, y que el vibrado produzca la deformación o el desplazamiento de las armaduras.

C 4.7.2.4. La vibración debe ser interrumpida en el momento que cese el desprendimiento de las grandes burbujas de aire y se observe la aparición de agua y/o de lechada en la superficie del hormigón.

4.7.2.5. Al vibrar una capa de hormigón, la inmediata inferior aún debe estar en condiciones de ser revibrada, no habiendo superado su tiempo inicial de fraguado. El vibrador debe atravesar la nueva capa totalmente y penetrar en la inferior para asegurar la unión entre ambas, evitando la formación de un plano de junta.

4.7.3. Compactación manual por varillado

4.7.3.1. La compactación manual se debe realizar mediante la inserción y retiro enérgico de varillas de acero en la masa fresca de hormigón. Se debe complementar mediante el golpeteo, con una maza de madera o de goma, de los encofrados laterales.

4.7.3.2. Esta modalidad de compactación se puede usar exclusivamente en hormigones de consistencias muy plástica, fluida y muy fluida. En hormigones de consistencia muy plástica, la compactación por varillado está condicionada a que se realice en forma muy enérgica. Al varillar se debe asegurar la compactación de todo el volumen de hormigón y evitar el contacto con el encofrado o con las armaduras, y que se produzca deformación o desplazamiento de estas últimas.

C 4.7.3. Compactación manual por varillado

C 4.7.3.1. Se recomienda el uso de varillas de ***16 mm*** de diámetro, con superficie lateral lisa y de punta redondeada. Su largo será el suficiente para compactar la totalidad del espesor de las capas de hormigón colocado.

4.7.4. Compactación mediante vibradores de encofrados

4.7.4.1. El hormigón de consistencia muy seca, utilizado en la fabricación de piezas prefabricadas in situ o en taller, se debe compactar mediante vibradores de encofrado y/o presión externa.

4.7.4.2. Los hormigones de consistencias seca y plástica se pueden compactar con vibradores de inmersión y de encofrados. En aquellos casos en que el hormigón se encuentre en posición inaccesible para ser compactado con vibradores de inmersión se admite utilizar únicamente vibradores de encofrado.

4.7.4.3. Se debe controlar en forma permanente el tiempo de vibrado para evitar la segregación del hormigón, particularmente en las zonas adyacentes a los encofrados. El Director de obra debe verificar la aptitud de los vibradores adoptados para lograr una adecuada compactación conforme las características del elemento estructural y las propiedades en estado fresco del hormigón.

C 4.7.4. Compactación mediante vibradores de encofrados

C 4.7.4.1. Es conveniente el uso de vibradores externos de encofrado cuando la disposición de la armadura no permita introducir satisfactoriamente vibradores internos y cuando se requieran paramentos vistos muy lisos.

C 4.7.4.2. Son preferibles los vibradores de encofrado de baja frecuencia y alta amplitud de oscilación.

C 4.7.4.3. Los vibradores de encofrado pueden producir segregación aún con tiempos menores que los vibradores de inmersión.

4.8. SUPERFICIES Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

C 4.8. SUPERFICIES Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

4.8.1. Definición

Se entiende por juntas de construcción a una superficie entre dos masas de hormigón, colocadas en instancias distintas, pero que forman parte de un mismo elemento estructural. Las juntas de construcción pueden ser programadas o accidentales debidas estas últimas a contingencias durante el proceso de hormigonado.

C 4.8.1. Definición

En el ***Capítulo 8*** se desarrolla en forma más exhaustiva el tema de las juntas en estructuras de hormigón.

4.8.2 Tipos de juntas

4.8.2.1. Los Documentos del proyecto deben incluir la ubicación de las ***juntas de construcción programadas***.

4.8.2.2. Las ***juntas de construcción accidentales*** (no consideradas en los planos) se deben ejecutar en la forma que menos perjudique a la resistencia, durabilidad y aspecto de la estructura.

C 4.8.2. Tipos de juntas

C 4.8.2.1. Lograr buena adherencia en una junta de construcción siempre requiere adoptar medidas y precauciones que lo transforman en un trabajo cuidadoso. Es preferible minimizar las juntas de construcción a las estrictamente indispensables, realizando estructuras continuas y monolíticas. Para más información ver el ***Capítulo 8***.

C 4.8.2.2. En la medida que sea posible, las juntas se deben disponer normales a la dirección de los esfuerzos principales de compresión.

4.8.3. Ejecución y tratamiento de las juntas de construcción

4.8.3.1. En las ***estructuras estancas***, todas las ***juntas de construcción*** previstas en los Documentos del Proyecto, deben estar diseñadas con una ***barrera de estanqueidad*** (water-stop) a fin de impedir el paso de agua a través de las mismas.

4.8.3.2. Siempre que un ***hormigón fresco*** deba ponerse en contacto con otro ya ***endurecido***, o cuyo endurecimiento se ha iniciado al haberse superado su tiempo final de fraguado, la superficie de contacto del hormigón debe ser tratada para asegurar una buena adherencia, como se especifica en el artículo 4.8.4 de este Reglamento.

4.8.3.3. ***Toda superficie expuesta*** que constituirá una ***junta de construcción***, debe ser mantenida con curado húmedo continuo hasta que la nueva capa de hormigón sea colocada o hasta que se cumpla con el tiempo mínimo establecido en el artículo 4.10. ***No se admite el uso de membranas de curado.***

4.8.3.4. El tratamiento de las superficies y ***juntas de construcción*** se debe iniciar tan pronto como sea posible sin que se perjudique la calidad del hormigón colocado.

4.8.3.5. De acuerdo con el grado de endurecimiento del hormigón colocado, y el tamaño de la junta de construcción, se debe realizar la ***limpieza de su superficie*** mediante rasqueteo con cepillos de alambre, chorro de agua a presión, o combinando chorro de arena y agua a presión. Esta operación se debe continuar hasta eliminar la lechada, mortero u hormigón porosos y toda sustancia extraña, dejando al descubierto hormigón de buena calidad y las partículas

C 4.8.3. Ejecución y tratamiento de las juntas de construcción

C 4.8.3.1. El uso de ***barreras water-stop*** por sí solo ***no asegura la estanqueidad de la junta.*** Es necesario recurrir a una correcta ingeniería en función de las presiones actuantes y a una correcta y cuidadosa colocación y compactación del hormigón en el área (ver el ***Anexo A 4-2***).

C 4.8.3.5. La superficie de la junta debe ser lavada enérgicamente luego de la limpieza, hasta eliminar todo resto de material suelto. La eliminación del material indeseable de la superficie o junta de construcción no se debe realizar picando la superficie con una herramienta cortante ni sometiéndola a operaciones de martelinado.

También puede emplearse un retardador de

de agregado grueso de mayor tamaño, cuya adherencia no debe verse perjudicada, obteniendo una superficie lo más rugosa posible. Las ***partículas de agregado grueso*** que queden expuestas deberán tener ***empotrado*** las tres cuartas partes de su volumen o los dos tercios de su altura.

superficie en caso de tener una junta sobre un encofrado. El mismo se retira entre las ***24 y 48 horas*** y se procede al hidrolavado de la superficie.

4.8.3.6. Antes de colocar el nuevo ***hormigón en estado fresco sobre la junta*** la superficie de unión debe ser humedecida con agua; luego se debe eliminar toda película o acumulación de agua que hubiese podido quedar sobre la misma.

C 4.8.3.6. Luego de humedecida la superficie, el momento adecuado para aplicar el hormigón fresco es cuando dicha superficie haya perdido su brillo.

4.8.3.7. La adherencia entre el hormigón fresco a colocar y el hormigón endurecido existente se alcanza colocando al primero en forma directa sobre el hormigón endurecido, asegurándose que la mezcla fresca disponga de suficiente mortero en su composición.

C 4.8.3.7. Cuando se aplique la primera capa de hormigón fresco junto a una junta de construcción, se debe verificar que la misma se compacte cuidadosamente para asegurar la adherencia requerida.

4.8.3.8. En casos de excepción y para solucionar juntas constructivas no previstas en el proyecto y producidas durante la marcha de la obra, se pueden emplear adhesivos específicos, denominados ***puentes de adherencia***, sobre los que exista fehaciente información. El producto debe mantener su capacidad de adherencia durante el tiempo necesario para la aplicación del puente, el acondicionamiento final de los encofrados y las armaduras y la colocación del hormigón fresco.

C 4.8.3.8. La necesidad de mejorar la adherencia puede deberse a los esfuerzos a que estará sometida la estructura o para lograr una mayor estanqueidad. En condiciones de alta temperatura ambiente se deben extremar los recaudos referidos al tiempo de endurecimiento del producto.

4.8.4. Diseño de las juntas de construcción

C 4.8.4. Diseño de las juntas de construcción

4.8.4.1. Las ***juntas de construcción*** se deben diseñar y ubicar de manera tal que no perjudiquen la resistencia de la estructura. A tal fin se deben adoptar las medidas necesarias para garantizar la transferencia del corte y de otros esfuerzos a través de las juntas de construcción.

C 4.8.4.1. Las juntas de construcción se deben ubicar en aquellos lugares donde ocasionen el menor debilitamiento de la estructura.

El diseño para fuerzas laterales puede requerir un tratamiento especial de diseño de juntas de construcción.

4.8.4.2. Las ***juntas de construcción*** de los pisos se deben ubicar dentro del tercio medio de las luces de losas y vigas.

4.8.4.3. Las ***juntas de construcción*** en las vigas principales se deben desfasar una distancia mínima igual a dos veces el ancho de las vigas secundarias que se interceptan.

4.8.4.4. Las vigas, vigas principales y losas que se apoyen en columnas o en tabiques, no se deben hormigonar hasta tanto el hormigón de los elementos de apoyo haya dejado de ser plástico y desarrollado la resistencia necesaria.

C 4.8.4.4. Un desfasaje en la colocación del hormigón en elementos estructurales que apoyan en columnas y tabiques se considera necesario para evitar el agrietamiento de la zona de contacto con el elemento de soporte, que se puede originar por exudación y asentamiento plástico del hormigón del elemento de apoyo.

En elementos prefabricados el montaje no se deberá realizar hasta tanto el hormigón de los elementos de

apoyo haya alcanzado la resistencia necesaria.

4.8.4.5. Las vigas principales, secundarias, ménsulas cortas, ábacos y capiteles se deben hormigonar monolíticamente como parte del sistema de losas, a no ser que se indique lo contrario en los planos del Proyecto o en las Especificaciones Técnicas.

C 4.8.4.5. El hormigonado por separado de losas, vigas, ménsulas y elementos similares sólo será permitido cuando sea indicado en los documentos del Proyecto y se adopten las medidas necesarias para transferir esfuerzos.

4.9. JUNTAS DE CONTRACCIÓN Y DE DILATACIÓN

C 4.9. JUNTAS DE CONTRACCIÓN Y DE DILATACIÓN

4.9.1. Ubicación

Las ***juntas de contracción*** y de ***dilatación*** se deben ejecutar en los lugares y de acuerdo con los detalles establecidos en los planos de proyecto de la estructura y en los ***Documentos del Proyecto***.

4.9.2. Metodología de ejecución

C 4.9.2. Metodología de ejecución

4.9.2.1. Previo a su implementación se deben aprobar los métodos y materiales a emplear en la ejecución de las juntas de contracción y de dilatación, los cuales deben estar indicados en los ***Documentos del Proyecto***.

C 4.9.2.1. Para más información ver el ***Capítulo 8***.

4.9.2.2. En el caso de ***estructuras estancas***, las juntas de contracción y de dilatación también deben serlo. Las condiciones de colocación e inspección de las barreras impermeables se indican en el ***Anexo A 4-2***.

4.10. PROTECCIÓN Y CURADO DEL HORMIGÓN

C 4.10. PROTECCION Y CURADO DEL HORMIGON

4.10.1. Acciones que originan la necesidad de protección

C 4.10.1. Acciones que originan la necesidad de protección

4.10.1.1. Inmediatamente después de su colocación el hormigón debe ser ***protegido***, durante el período en que permanece en estado plástico y en sus edades tempranas, contra las acciones que pudieran agredirlo. Las ***protecciones*** deben permanecer hasta que el hormigón adquiera la resistencia suficiente para no ser afectado.

4.10.1.2. El hormigón debe ser ***especialmente protegido***, adoptándose las medidas indicadas en este Reglamento para cada tipo de agresión, ante:

a) Secado prematuro por la combinación y acción de asoleamiento, temperatura, humedad relativa y del viento, particularmente con grandes superficies no encofradas y expuestas, como losas de entrepisos, pisos y plateas.

C 4.10.1.2. Los pisos industriales y pavimentos de hormigón también son elementos extremadamente sensibles a estos procesos, pero exceden el alcance de este Reglamento.

b) Secado prematuro por circulación del aire, particularmente en túneles, conductos, galerías y estructuras similares, donde se evitará la circulación de aire por su interior, manteniéndolos cerrados durante el mayor tiempo posible.

c) Contacto directo con lluvia y/o nieve.

d) Agua en movimiento.

e) Aguas, líquidos, suelos o sustancias agresivas para el hormigón que puedan existir en el lugar de emplazamiento de la estructura.

f) Acciones mecánicas, oscilaciones, vibraciones o sobrecargas.

g) Temperaturas extremas (tanto bajas como elevadas).

h) Acción del fuego.

i) Baja humedad relativa.

4.10.1.3. Cuando las condiciones ambientes impliquen riesgos de contracción plástica se deben tomar las medidas indicadas en el ***Capítulo 5***.

C 4.10.1.3. Si bien la problemática de la contracción plástica, no se restringe al caso de climas extremos, se desarrolla en profundidad en el ***Capítulo 5***.

4.10.2. Curado del hormigón

C 4.10.2. Curado del hormigón

4.10.2.1. El ***curado*** se debe realizar en ***todas las estructuras***, con independencia de la clase de hormigón y del tipo de estructura. ***El curado se debe mantener hasta que el hormigón de la estructura alcance el 70 % de la resistencia de diseño***.

C 4.10.2.1. El curado debe asegurar que el hormigón mantenga la humedad y la temperatura necesarias para que se desarrolle la hidratación del cemento y se alcancen las propiedades especificadas para el hormigón.

Lo indicado en este Reglamento corresponde a las medidas mínimas necesarias para alcanzar la resistencia y durabilidad proyectadas para el hormigón.

Los métodos de curado se basan en evitar la pérdida del agua disponible en la mezcla fresca, restituir el agua perdida por evaporación durante el tiempo de curado, o acelerar su endurecimiento por curado con vapor. Estos procedimientos pueden ser independientes o complementarse entre sí según las condiciones ambientes y características y requerimientos constructivos de las estructuras.

4.10.2.2. ***La duración del curado*** para verificar la condición establecida en el artículo 4.10.2.1 se controlará de acuerdo con el artículo 4.3, mediante el ***ensayo de probetas cilíndricas curadas en forma similar a la estructura o aplicando el criterio de madurez***.

C 4.10.2.2. El criterio de madurez requiere utilizar un procedimiento normalizado que indique bajo qué pautas metodológicas realizar el control de la temperatura del hormigón en la estructura (ver 5.1.6.4.b y 6.3.3). La norma ASTM C1074 indica una forma de estimar la resistencia del hormigón utilizando el método de madurez.

4.10.2.3. ***El curado se debe iniciar tan pronto el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada*** por el método de curado adoptado. Cuando el hormigonado se realice en condiciones ambientales que puedan afectar al hormigón, este deberá ser convenientemente protegido hasta que se inicie el curado. Serán de aplicación las acciones que correspondan establecidas en los artículos 5.1 y 5.2.

4.10.2.4. Cuando no se verifique el desarrollo de resistencia de acuerdo con lo establecido en los artículos 4.10.2.1 y 4.10.2.2, el ***período mínimo de curado húmedo continuo*** para estructuras no masivas, contado a partir del momento de la colocación del hormigón, será el indicado en la ***Tabla 4.9***.

C 4.10.2.4. Por simplicidad, los períodos de curado indicados están especificados según el tipo de cemento utilizado, aunque en forma estricta dependen de la velocidad de endurecimiento. Especial atención merece el uso de cementos con baja velocidad de endurecimiento, para los que en la ***Tabla 4.9*** se requieren 8 días de curado mínimo, por las diferencias que se pueden encontrar entre diferentes marcas u origen.

La ***Tabla 4.9*** aplica como referencia cuando no fue verificado el desarrollo de resistencia. No debe inferirse a partir ella que para hormigones diseñados a ***7 días*** la única posibilidad es utilizar un cemento ARI, ya que esta es sólo una opción dentro de varias estrategias disponibles. Tampoco para hormigones diseñados a ***28 días***, la tabla debe llevar a presumir un comportamiento generalizado de todos los cementos de igual categoría resistente (***CPN, CPF, CPC, CPP*** y ***CPE***), y un comportamiento particular cuando se trate de un cemento de ***tipo CAH***. Asimismo, los tiempos mínimos de curado no tienen solo como objetivo alcanzar una resistencia de diseño sino también lograr la segmentación de poros para proveer las condiciones de durabilidad al elemento estructural.

Tabla 4.9. Períodos de referencia mínimos de curado.

Edad de diseño del hormigón	Cemento		Tiempo mínimo de curado
	Tipo	Categoría	
7 días	CPx (ARI)	50	3 días
28 días	CPN CPF CPC CPE CPP	40 – 50	5 días
		30	8 días
28 días	CAH	30 - 40 – 50	8 días

4.10.2.5. Para cumplimentar lo requerido en el artículo 4.10.2.4, se deben computar como ***días válidos de curado aquellos en los que la temperatura media del aire en contacto con la estructura sea igual o mayor***

C 4.10.2.5. Cuando el hormigón de la estructura inmediatamente después de construido estará en contacto con condiciones de exposición muy agresivas ***(CL1, CL2, M1, M2, M3, Q3 y Q4),*** es recomendable extender el período de curado

que 10 °C.

Se debe computar un día de curado por cada dos días en que la temperatura media del aire esté comprendida entre ***5 °C y 10 °C***.

Sin perjuicio de lo anterior, también son de aplicación los requisitos establecidos en el artículo 5.1 para ***hormigón sometido a bajas temperaturas***, en especial lo indicado en el artículo 5.11.6.

4.10.2.6. Durante el período de curado establecido los ***encofrados no impermeables*** que permanezcan colocados y las ***estructuras que se desencofren antes de finalizar dicho período*** se deben mantener continuamente humedecidos.

4.10.2.7. Al finalizar el ***período de protección y curado*** el hormigón no debe ser sometido a cambios bruscos de temperatura, debiendo los mismos ser graduales. En el caso de hormigón no masivo el gradiente máximo será de ***3 ºC/h*** y sin sobrepasar ***20 ºC*** cada ***24 h***.

4.10.2.8. Cuando se prevean ***períodos de curado extensos con temperaturas inferiores a 10 °C*** se debe medir la temperatura efectiva que alcanza el interior del hormigón en la estructura.

tanto como sea posible, para mejorar la impermeabilidad y durabilidad del hormigón.

4.10.3. Curado con agua

Durante el período de curado establecido el ***hormigón*** se debe mantener ***permanentemente humedecido*** a una temperatura mayor a ***10 ºC***. Para ello se puede adicionar agua mediante inmersión total, riego en forma de niebla fina o mediante rociadores. El agua utilizada para el curado debe cumplir las condiciones establecidas en el ***Capítulo 3*** de este Reglamento.

C 4.10.3. Curado con agua

El agua se debe aplicar directamente sobre la superficie del hormigón o sobre las cubiertas de arpilleras, mantos de arena, tierra o paja, que estén en contacto directo con la superficie de la estructura y en permanente estado saturado para mantener la humedad del hormigón el tiempo establecido.

4.10.4. Curado mediante compuestos líquidos capaces de formar membranas

4.10.4.1. Los ***compuestos*** que se utilicen deben cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1675:1975 y no deben provocar reacciones desfavorables para el fraguado y el endurecimiento del hormigón.

4.10.4.2. El producto se debe entregar en obra ***listo para su empleo***, y en ***ningún caso debe ser diluido ni alterado en obra***.

C 4.10.4. Curado mediante compuestos líquidos capaces de formar membranas

C 4.10.4.1. El producto se puede aplicar usando equipos rociadores de accionamiento neumático, eléctrico o mecánico. Se recomienda aplicar dos capas cruzadas y colocadas una inmediatamente después de la otra, en la proporción que indique el fabricante, garantizando homogeneidad y cubrimiento total de la superficie. Si lloviese antes de que el producto haya secado, se debe cubrir nuevamente la superficie con el compuesto en la forma indicada precedentemente.

4.10.4.3. En el caso de ***superficies expuestas de hormigón fresco***, el producto se debe aplicar inmediatamente después que haya desaparecido la película brillante de agua libre sobre la superficie. Como excepción, cuando la operación esté supervisada por la Dirección de Obra y se empleen membranas a base solvente, se podrá y se recomienda adelantar la aplicación y realizarse una vez finalizadas las operaciones de terminación.

4.10.4.4. En el caso de ***superficies desmoldadas de hormigón endurecido***, el producto se debe aplicar después de finalizadas las operaciones de desencofrado, previa saturación de la superficie con agua e inmediatamente después de que haya desaparecido la película brillante de agua libre sobre la superficie.

4.10.4.5. Las ***superficies cubiertas con el compuesto*** deben estar permanentemente protegidas durante el período de curado, no permitiéndose el paso de peatones, equipos o vehículos sobre la membrana, salvo en zonas en donde se realicen caminos para ese fin.

4.10.4.6. Cuando las condiciones del medio ambiente y la temperatura del hormigón puedan ocasionar la fisuración por ***contracción plástica*** (ver el artículo 5.2), inmediatamente después de terminada la superficie se aplicará un ***rociado con agua en forma de niebla***. Este proceso debe ser suspendido cuando el hormigón esté en condiciones de recibir la membrana de curado.

4.10.4.7. El ***curado con membranas*** no se debe aplicar sobre superficies a las que posteriormente se deba adherir hormigón fresco, mortero u otros revestimientos, salvo en el caso en que la superficie sea luego tratada de acuerdo a lo especificado en el artículo 4.8.

4.10.5. Curado mediante membranas preformadas

4.10.5.1. Se puede efectuar el curado mediante la utilización de ***membranas preformadas*** que impidan la pérdida de agua del hormigón, las que se aplicarán tan pronto como sea posible, pero sin afectar la superficie del hormigón, especialmente en el caso de superficies donde además de la planicidad se deba respetar una determinada textura superficial.

C 4.10.5. Curado mediante membranas preformadas

C 4.10.5.1. Las ***membranas preformadas*** pueden ser:

a) Películas plásticas de un espesor mínimo de 0,1 mm. El color suele ser blanco o negro según convenga por razones térmicas.

b) Papel reforzado de dos hojas tipo kraft adheridas entre sí con un cementante, tratadas para reducir la deformación por humedecimiento y secado, y con superficie reflectante.

c) Geotextiles permanentemente humedecidos y extendidos sobre la superficie del hormigón.

4.10.5.2. Las ***láminas sin roturas*** se deben aplicar firmemente sobre las superficies expuestas de hormigón fresco, solapadas entre sí no menos de ***40 cm***, extendidas por fuera de los límites de los elementos que protegen, y sostenidas de modo que su desplazamiento esté impedido durante todo el lapso de curado establecido.

4.10.5.3. Las ***superficies transitables*** cubiertas con láminas de curado deben estar permanentemente protegidas durante el período de curado no permitiéndose el paso de peatones, equipos o vehículos sobre la membrana, salvo en zonas donde se realicen caminos para ese fin.

4.10.5.4. El ***curado mediante membranas preformadas*** no se debe aplicar sobre las superficies donde esté especificada una terminación vista y la apariencia de la misma fuese relevante, a excepción de que se la combine con un curado por adición de agua inicial hasta que el hormigón haya superado en ***12 h*** su tiempo de fraguado final.

4.10.6. Curado a vapor

4.10.6.1. Previamente a su aplicación, la metodología e instalaciones a utilizar deben ser aprobados por el Proyectista o la Dirección de Obra, según corresponda.

4.10.6.2. Para mantener la temperatura y la humedad en las cámaras de curado se debe utilizar vapor saturado a presión atmosférica. Los chorros de vapor deben rodear a los elementos estructurales y nunca incidir directamente sobre ellos, ni sobre las probetas moldeadas que se almacenen en la cámara para el control de las resistencias.

4.10.6.3. Las cámaras o recintos donde se realice el curado, deben permitir la libre circulación del vapor entre los elementos estructurales, y estarán construidas de forma tal de minimizar las pérdidas de humedad y temperatura.

4.10.6.4. Las cámaras o recintos deben contar en su interior con termómetros e higrómetros registradores, para medir en forma continua las variaciones de temperatura y humedad.

4.10.6.5. El ciclo térmico del curado a vapor debe ser estudiado experimentalmente. Debe demostrarse que, con su aplicación, el hormigón alcanzará la resistencia de rotura a la compresión especificada tanto a corta como a larga edad, utilizando los materiales componentes elegidos, las proporciones calculadas para la mezcla y los equipos de obra.

C 4.10.6. Curado a vapor

4.10.6.6. Independientemente de lo establecido en el artículo 4.10.6.5, se deben cumplir las siguientes condiciones:

a) La ***temperatura máxima para el curado a vapor*** medida en cualquier lugar de la cámara será aquella que no genere una temperatura mayor a ***70 ºC*** en cualquier punto de la pieza de hormigón.

b) Finalizado el ***ciclo de curado a vapor*** los elementos estructurales no se deben someter a cambios bruscos de temperatura.

C 4.10.6.6. El ***Reglamento CIRSOC 201-2005*** exige que:

a) Antes de iniciar el curado a vapor, los elementos estructurales se deben dejar estacionar al aire a una temperatura entre ***10 ºC y 30 ºC*** hasta el comienzo de su fraguado inicial.

b) El calentamiento y el posterior enfriamiento del elemento estructural deben ser graduales, y con una velocidad de aumento y disminución de la temperatura en la atmósfera de la cámara limitada entre ***10 ºC y 30 ºC por hora***.

Estos requisitos pueden ayudar a establecer el ciclo de curado cuando son compatibles con los cronogramas de obra, pero la experiencia actualmente disponible permite obviarlos.

El uso de temperaturas elevadas durante períodos cortos, por ejemplo ***80 °C***, puede provocar resistencias menores a la edad de ***28 días*** que las que se logran usando temperaturas menores durante un lapso mayor.

Asimismo, temperaturas mayores a ***70 °C*** pueden provocar problemas de durabilidad por formación de etringita diferida.

4.10.6.7. Las probetas para verificar la resistencia del hormigón se deben moldear exclusivamente en moldes metálicos y colocar en lugares de la cámara de curado en donde la temperatura y la humedad sean representativas de los valores medios reinantes en la misma.

4.10.6.8. Los elementos estructurales pueden ser trasladados cuando la resistencia media obtenida de acuerdo con el artículo 4.10.6.7, alcance el valor especificado por el Proyectista Estructural para su movilización.

4.10.6.9. Inmediatamente después del traslado de los elementos estructurales y de las probetas de control, ambos se deben someter a un curado continuo adicional hasta verificar la condición establecida en los artículos 4.10.2.1 y 4.10.2.2. Este curado adicional se realizará con agua, con una membrana de curado o con la combinación de ambos.

Si no se controla la resistencia durante el curado adicional, este se debe realizar durante un lapso de 7 días.

Cuando a la salida del curado acelerado se verifican las condiciones 4.10.2.1 y 4.10.2.2 no es necesario realizar el curado adicional.

C 4.10.6.9. El curado húmedo convencional inmediatamente después del traslado de los elementos es de suma importancia para mejorar la durabilidad y reducir la permeabilidad del hormigón con curado acelerado.

ANEXOS AL CAPÍTULO 4

I. HORMIGÓN FRESCO

II. CONDICIONES DE COLOCACIÓN E INSPECCIÓN DE BARRERAS IMPERMEABLES

ANEXO A4-1. HORMIGÓN FRESCO

1. MEDIOS DE COMPACTACIÓN

Tabla A4-1.1. Medios de compactación recomendados para cada rango de consistencia del hormigón fresco

Consistencia	Sistema de compactación aplicable
Muy seca	• Vibración interna y/o externa de máxima intensidad. • Vibro-compresión. • Medios de compactación para suelos.
Seca	• Vibración interna y/o externa de máxima intensidad. • Vibro-compresión.
Plástica	• Apisonado enérgico superficial. • Vibración interna y/o externa de alta intensidad. • Centrifugación y vibro-compresión.
Muy plástica	• Varillado enérgico de la masa. • Apisonado intenso superficial. • Vibración interna de moderada intensidad. • Reglas vibratorias de acción superficial.
Fluida	• Varillado normal de la masa. • Apisonado superficial suave. • Eventual vibración interna en casos limitados.
Muy fluida	• Acción de la gravedad solo en pilotes excavados. • Varillado normal de la masa. • Eventual vibración interna en casos limitados.

Tabla A4-1.2. Características recomendadas de los vibradores de inmersión

Rango de Consistencia	Diámetro de la aguja	Valores sugeridos de:			Radio de acción
		Frecuencia	Fuerza centrífuga	Amplitud	
	mm	Hz	kg	mm	cm
Muy seca	80 a 150	130 a 180	680 a 1800	0,80 a 1,50	30 a 50
Seca	50 a 90	130 a 200	320 a 900	0,60 a 1,30	18 a 36
Plástica	30 a 60	140 a 210	140 a 400	0,50 a 1,00	13 a 25
Muy plástica	20 a 40	150 a 250	45 a 180	0,40 a 0,80	8 a 15
Fluida	20 a 40	150 a 250	45 a 180	0,40 a 0,80	8 a 15
Muy fluida	20 a 40	150 a 250	45 a 180	0,40 a 0,80	8 a 15

2. MÉTODOS DE DOSIFICACIÓN

2.1. Dosificación racional mediante pastones de prueba

Las ***proporciones de las mezclas para las diferentes clases de hormigones, materiales y condiciones de elaboración con que se ejecutará la obra***, se deben establecer experimentalmente, en base a la preparación y ensayo de pastones de prueba, elaborados bajo las siguientes condiciones:

a) se deben emplear ***tres (3) razones agua/cemento distintas***, que comprendan a la elegida de acuerdo con el artículo 4.2.4 de este Reglamento y con ***contenidos de materiales cementicios*** que produzcan un intervalo de resistencias que comprenda a la resistencia de diseño ***(f'_{cr})***.

b) el ***asentamiento del hormigón debe ser el especificado para la estructura donde se empleará el hormigón***, con ***las tolerancias admitidas*** en la ***Tabla 4.2.*** del Reglamento.

c) el ***contenido de aire incorporado debe ser el especificado para la estructura a construir***, con ***las tolerancias admitidas*** en la ***Tabla 4.3.*** del Reglamento.

d) la ***temperatura*** de la mezcla fresca en el laboratorio debe estar comprendida dentro de un intervalo de ***± 5°C*** respecto de la máxima temperatura que se prevé que tendrá el hormigón en el momento de ser mezclado y colocado en obra.

e) para cada ***razón agua/cemento*** se deben moldear por lo menos tres ***(3)*** probetas cilíndricas de ***15 cm*** de diámetro y ***30 cm*** de altura o, si corresponde, un mínimo de cuatro ***(4)*** probetas cilíndricas de ***10 cm*** de diámetro y ***20 cm*** de altura, para la edad de diseño y para cada edad de ensayo adicional que se desee. Las probetas se deben preparar, curar y acondicionar para su ensayo en un todo de acuerdo con lo establecido en las normas ***IRAM 1524:2015*** o ***1534:2018*** y su modificación ***2020***.

   Los ***ensayos de resistencia a la compresión*** se deben realizar en las condiciones que establece la norma ***IRAM 1546***, a la edad de diseño que corresponda, en un todo de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.2.1. del Reglamento. En el caso de cilindros de ***10 cm de diámetro*** se deberán minorar los resultados de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.1.6.1.

f) con los resultados de los ensayos se debe trazar una curva que relacione las ***razones agua/cemento del hormigón con las resistencias medias de rotura a la compresión a la edad de diseño***, obtenidas con las mezclas mencionadas en a).
   De la curva trazada para la resistencia de diseño de la mezcla, establecida de acuerdo con el artículo 4.2.2.2 de este Reglamento, se debe obtener la ***razón agua/cemento a utilizar en la obra***. El valor obtenido no debe exceder la máxima razón establecida por consideraciones de durabilidad, de acuerdo con el artículo 4.2.4.1. de este Reglamento.

g) ***la mezcla resultante se debe ajustar posteriormente con los materiales y equipos disponibles en la obra***, antes de iniciar su producción industrial. Las proporciones finales se establecerán de modo tal que no sea excedida la máxima relación agua/cemento determinada según f), cuando el asentamiento sea el máximo especificado.

2.2. Dosificación racional basada en información de experiencias previas

La dosificación del hormigón se puede calcular mediante métodos racionales aplicados a la información experimental obtenida en obra o en laboratorio, siempre que se cumpla que:

a) La ***relación agua/cemento*** sea elegida de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.2.4. del Reglamento.

b) La información necesaria se haya obtenido mediante ***ensayos realizados dentro de los últimos doce (12) meses.***

c) Los ***materiales, equipos y condiciones de diseño***, sean similares a las que se utilizarán en la obra que motiva la dosificación a realizar.

d) La mezcla sea finalmente ajustada en obra de acuerdo con lo establecido en el artículo ***2.1.g)*** de este Anexo.

2.3. Dosificación del hormigón sin armar establecida en forma empírica

Para los hormigones clase H-15, exclusivamente, se pueden adoptar dosificaciones empíricas basadas en proporciones preestablecidas, si se cumple que:

a) La condición de ***exposición de la estructura sea del tipo A1***, según lo indicado en el Capítulo 2 de este Reglamento.

b) Se utilicen cementos de acuerdo con el artículo 3.1.1.1 y se aseguren los contenidos mínimos indicados en la ***Tabla A4-1.3.***

c) No se utilicen aditivos ni adiciones minerales de ningún tipo.

d) La consistencia del hormigón pertenezca a las consistencias seca, plástica, muy plástica o fluida con exclusión de las consistencias muy seca y muy fluida.

e) El cemento se deberá medir en bolsa entera o en peso.

Tabla A4-1.3. Contenido mínimo de cemento, según la consistencia de la mezcla, para hormigones simples dosificados en forma empírica.

	Contenido mínimo de cemento por metro cúbico de hormigón (kg)		
Consistencia	**Seca y plástica**	**Muy plástica**	**Fluida**
H-15	300	320	350

ANEXO A4-2. CONDICIONES DE COLOCACIÓN E INSPECCIÓN DE BARRERAS IMPERMEABLES

1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Anexo brinda información sobre aspectos a considerar para la correcta ***colocación e inspección de barreras impermeables.***

2. CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE BARRERAS IMPERMEABLES PASIVAS

El hormigón que rodea la ***barrera impermeable*** deberá ser suficientemente compacto. La ***barrera impermeable*** (waterstop) deberá encontrarse fija y asegurada durante las tareas de hormigonado, de tal manera de lograr su embebimiento y adherencia al hormigón. Si se trata de cintas externas, las mismas se sujetarán de los encofrados, y si son internas, se ejecutarán medios de sujeción a las armaduras principales de la estructura.

Se deberá tener especial cuidado en colocar correctamente la cinta durante su instalación. Para obtener un anclaje adecuado y evitar puntos débiles en el hormigón, las cintas deben colocarse a una distancia de la superficie igual o mayor que la mitad del ancho de la cinta, y si es posible, en el medio de la sección de hormigón.

En las ***juntas constructivas verticales*** de los tabiques, la ***cinta de PVC*** se deberá cortar a ***15 cm*** de la parte superior del mismo, donde esta cinta no se puede conectar con ninguna otra y no se planea hacer una conexión futura.

La cinta no deberá estar en contacto con poliestireno expandido ni con productos asfálticos.

Se evitará la perforación de las barreras impermeables durante su colocación y se elaborarán las medidas para su sujeción durante las tareas de vaciado del hormigón.

En caso de ***barreras impermeables de PVC***, las mismas deberán quedar en perfecto contacto con el hormigón. Deberán colocarse en forma continua a lo largo de la junta y firmemente fijada en su lugar.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para proteger la cinta de PVC durante la ejecución de los trabajos de obra, evitando deformar, desplazar o perforar las mismas. Las cintas serán almacenadas bajo cubierta y de manera tal que haya libre circulación de aire alrededor de las mismas.

Los empalmes de ***barreras impermeables de PVC*** se deberán hacer por medio de sellado con calor y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Será esencial tener presente lo siguiente:

- El material no deberá ser dañado por el sellado.
- Los empalmes deberán asegurar la continuidad de la cinta, tanto desde el punto de vista de su resistencia mecánica como de su estanqueidad.
- Las nervaduras y la línea central de la cinta se deberán mantener alineadas.
- Cuando una ***barrera impermeable (waterstop) de PVC*** se instale de manera que la mitad de la cinta se encuentre expuesta a la intemperie, se deberán tomar las precauciones necesarias para protegerla de los rayos directos del sol hasta que sea cubierta con el hormigón.

3. COLOCACIÓN DE BARRERAS IMPERMEABLES PASIVAS EN JUNTAS DE MOVIMIENTO

La colocación debe tener en cuenta todos los ***cambios volumétricos*** que puedan ocurrir y minimizar el daño a la estructura.

Los cambios de volumen en el hormigón obedecen a expansiones y contracciones que se presentan como respuesta a variaciones de temperatura, contenido de humedad, o ambos. Las juntas de movimiento (juntas de dilatación o juntas de contracción) pueden utilizarse para compensar los esfuerzos y las deformaciones resultantes. En los ***Códigos ACI 350.4*** y ***ACI 224.2*** se brinda mayor información acerca del detalle de las juntas para este tipo de movimientos. En el documento ***ACI 504*** se dan detalles acerca del diseño y construcción de las juntas.

4. CONDICIONES DE COLOCACIÓN DE LAS BARRERAS (WATERSTOP) HIDROEXPANSIVAS

Las ***barreras hidroexpansivas*** se colocarán sobre una capa de mortero hidrófugo, limpio y perfectamente alisado. Se fijarán sobre el mismo mediante adhesivos suministrados por el fabricante, comprimiendo fuertemente la tira sobre el mortero. Alternativamente, o adicionalmente para mayor seguridad, se podrán fijar mediante clavos para hormigón.

Debe tenerse especial precaución en evitar el contacto del ***waterstop hidroexpansivo*** con el agua, capaz de provocar su expansión prematura. Como fuente de contacto con el agua se incluye la lluvia. La demora previa del inicio de la expansión otorga cierto tiempo de tolerancia al contacto con la humedad, sin embargo, deben ser protegidos del agua antes de hormigonado.

Luego de colocadas las ***barreras hidroexpansivas*** se deberá esperar el tiempo que indique el fabricante antes de comenzar la colocación del hormigón sobre las mismas. El recubrimiento mínimo de hormigón sobre una barrera hidroexpansiva deberá ser de ***cinco (5) centímetros***.

5. INSPECCIÓN DE LAS BARRERAS IMPERMEABLES

Todas las ***barreras impermeables pasivas o hidroexpansivas en el hormigón*** serán verificadas por la Inspección de Obra antes que se proceda al colado de hormigón. A tal efecto se deberá notificar a la Inspección de Obra por lo menos ***24 horas*** antes de proceder con el trabajo, para que se realice la verificación y se autorice el hormigonado.

Todas las ***barreras impermeables*** que requieran ***cinta de PVC*** deberán ser inspeccionadas para verificar su alineamiento y comprobar que no presentan fallas de adhesión inadecuada, perforaciones, porosidad, fisuras, desplazamiento o cualquier otro defecto que reduzca la impermeabilidad de la junta ante la presión de agua impuesta.

La preparación de la superficie de todas las juntas de trabajo deberá ser aprobada por la Inspección de Obra. Esta aprobación constará en el pedido de hormigonado.

CAPÍTULO 5. HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO Y CALIDO

5.1. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO

5.1.1. Definición

5.1.1.1. Este Reglamento define como ***tiempo frío*** al período en el cual durante más de ***tres (3) días*** consecutivos existen las siguientes condiciones:

a) La ***temperatura media diaria ambiente*** es menor que ***5 °C***.

b) La ***temperatura ambiental*** es igual o menor que ***10 ºC*** durante medio día de cualquier período de ***24 h***.

Este Reglamento considera como ***temperatura media diaria ambiente*** al promedio de las temperaturas máxima y mínima que ocurren durante las ***24 h*** del día.

5.1.2. Temperaturas de colocación del hormigón fresco

La ***temperatura del hormigón fresco inmediatamente después de su colocación***, debe ser igual o mayor que la indicada en la ***Tabla 5.1.*** Dichas temperaturas mínimas tienen en cuenta la temperatura ambiente y la menor dimensión lineal de la sección transversal.

La ***temperatura de colocación del hormigón*** no debe superar en más de ***10 °C*** a los mínimos indicados en la ***Tabla 5.1*** y debe estar lo más próxima posible a esos mínimos.

5.1.3. Temperaturas máximas de calentamiento de los materiales

Cuando sea necesario calentar los materiales componentes para que el hormigón alcance las temperaturas de colocación establecidas en el artículo 5.1.2, se deben respetar las siguientes temperaturas máximas:

C 5.1. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO

C 5.1.1. Definición

Para el hormigón de corta edad, los riesgos por razones climáticas se incrementan cuando a las temperaturas ambientales de congelación se suman fuertes vientos.

Los requisitos para el hormigonado en tiempo frío, establecidos por este Reglamento, se basan en el documento ***ACI 306 R-10 "Cold Weather Concreting"***.

C 5.1.2. Temperaturas de colocación del hormigón fresco

El tiempo frio puede presentar algunas ventajas para colocar hormigón. El hormigón que es colocado a baja temperatura (***5 ºC a 13 ºC***), protegido contra el congelamiento y que recibe un curado prolongado, desarrolla mayor resistencia última, mayor durabilidad, también reduce el riesgo de fisuración por retracción térmica.

La temperatura del hormigón en el momento de su colocación se debe mantener tan cerca de los mínimos establecidos como sea practicable, y preferentemente no superar los ***25 ºC.*** De no ser así puede sufrir una rápida pérdida de humedad desde la superficie expuesta al ambiente frío, porque el hormigón caliente, a su vez calienta el aire frío circundante, reduciendo así la humedad relativa de este último.

A efectos de considerar la pérdida de calor durante el transporte, se recomienda utilizar los valores de temperatura indicados en la ***Tabla 5.2.***

C 5.1.3. Temperaturas máximas de calentamiento de los materiales

C 5.1.3. Debido a que la temperatura del hormigón afecta la velocidad de pérdida de asentamiento y puede afectar el comportamiento de los aditivos, las fluctuaciones de su temperatura pueden originar un comportamiento variable de los sucesivos pastones.

a) Agua de mezclado: ***80 ºC***;

b) Agregados: ***65 ºC*** de media, y en cualquier punto de la masa de los mismos menor que ***80 ºC***.

Los ***equipos empleados para calentar los materiales***, lo deben hacer en forma ***uniforme*** en toda su masa.

Los materiales se deben calentar uniformemente ya que diferencias de temperatura pueden modificar la demanda de agua, incorporación de aire, la consistencia y el tiempo de fraguado.

Si los agregados están libres de hielo y de terrones congelados, habitualmente basta calentar sólo el agua de mezclado para obtener la temperatura mínima requerida en el hormigón. Pero cuando la temperatura del aire está por debajo de los ***-4 ºC***, suele ser necesario calentar también los agregados. Rara vez es necesario calentar los agregados a temperaturas superiores a los ***15 ºC***, si el agua de mezclado se calienta a ***60 ºC***.

Para calentar los agregados se deberá seleccionar un método apropiado con la suficiente anticipación a la elaboración del hormigón como para alcanzar un sustancial equilibrio entre el contenido de humedad y la temperatura.

Si se conocen las temperaturas de todos los constituyentes y el contenido de humedad de los agregados, se puede estimar la temperatura del hormigón como se indica en el ***Anexo A5***.

Cuando se utilice agua de mezclado a temperatura regulada, se debe disponer de cantidad suficiente de la misma para evitar las fluctuaciones de temperatura del hormigón entre pastón y pastón.

Tabla 5.1. Temperaturas de colocación del hormigón, en tiempo frío.

	Mínima dimensión lineal de la sección (cm)			
	Menor a 30	**30 a 90**	**90 a 180**	**Mayor a 180**
Temperatura mínima a la que se debe colocar y mantener el hormigón durante el período de protección	13 °C	10 °C	7 ºC	5 ºC
Variación máxima admisible de la temperatura del hormigón en las primeras 24 horas **posteriores a la finalización del período de protección**	28 °C	22 °C	17 °C	11 °C

Tabla 5.2. Temperaturas mínimas del hormigón recomendadas a la salida de la planta dosificadora, en tiempo frío.

Temperatura del aire	**Mínima dimensión lineal de la sección (cm)**			
ºC	**Menor a 30**	**30 a 90**	**90 a 180**	**Mayor a 180**
-1 a +7	16 ºC	13 ºC	10 °C	7 °C
-18 a -1	18 ºC	16 ºC	13 ºC	10 ºC
Menor a -18	21 ºC	18 ºC	16 ºC	13 ºC

5.1.4. Elaboración del hormigón

5.1.4.1. No deben utilizarse agregados que contengan hielo adherido a su superficie. Para la eliminación del hielo no deben emplearse sales o productos químicos.

5.1.4.2. Se debe cuidar el ***orden de ingreso a la hormigonera de los materiales componentes de la mezcla***, evitando que el cemento se ponga en contacto con materiales que estén a temperaturas mayores a ***60 ºC***.

C 5.1.4. Elaboración del hormigón

C 5.1.4.2. El contacto prematuro de agua muy caliente con cantidades concentradas de cemento puede causar fraguado instantáneo y bochas de cemento en la hormigonera. Puede ser una ayuda agregar el agua caliente y el agregado grueso antes que el cemento y detener o reducir la adición de agua mientras se cargan el cemento y los agregados finos.

Hay aditivos que pierden efectividad en contacto con agua caliente. En estos casos se deben adoptar precauciones, e incorporar el aditivo después de que la temperatura del agua se haya reducido por el contacto con los otros materiales.

5.1.5. Colocación del hormigón

5.1.5.1. Las ***operaciones de colocación*** no se deben iniciar, o deben ser interrumpidas, ***cuando se carezca de medios adecuados para proteger al hormigón*** de las bajas temperaturas, (ver el artículo 5.1.6), y se den algunas de las siguientes condiciones:

a) La ***temperatura ambiente*** en el lugar de la obra, a la sombra y lejos de toda fuente artificial de calor, sea menor que ***5 ºC***.

b) Cuando pueda preverse que ***dentro de las 48 h*** siguientes al momento de colocar el hormigón, la ***temperatura ambiente*** pueda descender por debajo de ***0 ºC***.

A tales efectos, el hecho de que la ***temperatura ambiente a las nueve de la mañana sea menor de 4 ºC***, se debe considerar como indicio suficiente para prever que dentro del plazo indicado se alcanzará el límite de temperatura antes establecido.

5.1.5.2. Durante los ***períodos de baja temperatura ambiente***, antes de iniciar las tareas de colocación, se debe verificar que:

C 5.1.5. Colocación del hormigón

C 5.1.5.1. La preparación para el hormigonado implica primariamente, asegurar que todas las superficies que estarán en contacto con el hormigón colocado se encuentren a temperaturas que no puedan causar el congelamiento temprano, ni una prolongación importante del tiempo de fraguado del hormigón.

Asimismo, la colocación del hormigón alrededor de elementos metálicos masivos empotrados en él, que estén a temperaturas inferiores al punto de congelación del agua en el hormigón, puede ocasionar el congelamiento local del hormigón en la interfase. Si la interfase permanece congelada más allá del momento del vibrado final del hormigón, se producirá una disminución permanente de la resistencia a la adherencia en dicha interfase, situación que se debe evitar.

Inmediatamente antes de hormigonar se debe remover toda la nieve, el hielo y la escarcha, de modo tal que ellos no ocupen el espacio destinado a ser llenado con el hormigón. Para ello se permite utilizar chorros de aire caliente sobre los encofrados, armaduras y otros elementos empotrados. A menos que el área de trabajo se encuentre dentro de un recinto, este trabajo se debe realizar inmediatamente antes de colocar el hormigón, para prevenir un nuevo congelamiento de la misma.

C 5.1.5.2. Respecto al ***punto d)*** las superficies de contacto incluyen moldes y encofrados; elementos metálicos que queden empotrados en el hormigón; suelos de fundaciones y subrasantes hasta ***10 cm*** por debajo de la

a) Existan en obra los medios necesarios para ***proteger al hormigón*** contra la acción de las bajas temperaturas.

b) Los materiales componentes del hormigón estén ***libres*** de nieve, hielo o escarcha, inmediatamente antes de su ingreso a la hormigonera.

c) Los encofrados, armaduras y lugares que ocupará el hormigón estén ***libres*** de nieve, hielo o escarcha.

d) La ***temperatura de la superficie de contacto*** sea igual o mayor que ***2 °C*** y no debe superar en más de ***5 ºC*** a las temperaturas mínimas de colocación dadas en la ***Tabla 5.1.***

5.1.5.3. El hormigón que haya resultado perjudicado por la ***acción de las bajas temperaturas, debe ser eliminado antes de continuar con las tareas de hormigonado***.

superficie de contacto con el hormigón; hormigón endurecido hasta ***10 cm*** de la superficie de construcción.

5.1.6. Protección y curado del hormigón

5.1.6.1. Cuando se espere que la ***temperatura media del ambiente descienda*** por debajo de ***5 ºC***, después de su colocación, el hormigón fresco debe ser protegido y mantenido a temperaturas iguales o mayores que las mínimas establecidas en la ***Tabla 5.1***, durante un período no menor que el indicado en el artículo 5.1.6.2, con las aclaraciones indicadas en los artículos 5.1.6.3 y 5.1.6.4.

C 5.1.6. Protección y curado del hormigón

C 5.1.6.1. Previo al inicio de las tareas de hormigonado, se debe disponer en el lugar de los elementos para cubrir, aislar o calentar el hormigón recientemente colocado.

Es necesario proteger al hormigón inmediatamente después de su colocación, para prevenir su congelación a temprana edad. Esta protección debe permitir que en todas las secciones del hormigón moldeado se alcancen las condiciones de temperatura y humedad establecidas en este Reglamento.

Durante el tiempo frío, la protección provista por los encofrados, excepto aquéllos de acero, a menudo es de gran significación. Aún en recintos cerrados, los encofrados sirven para distribuir uniformemente el calor.

La mayor parte del calor de hidratación del cemento se desarrolla durante los primeros días. Si se protege al hormigón para conservar ese calor durante los períodos mínimos establecidos, en general no es necesario agregar calor desde fuentes externas para mantener la temperatura mínima requerida.

Siempre que se proteja al hormigón, se recomienda llevar un registro continuo que incluya fecha y hora, temperatura exterior, temperatura del hormigón en el momento de colocación, condiciones generales del tiempo, temperatura ambiente en distintos puntos del recinto de protección, incluyendo superficies, ángulos y aristas del hormigón, en varios lugares de la estructura.

5.1.6.2. Cuando el hormigón contenga ***aire intencionalmente incorporado***, el período de protección mínimo debe ser el indicado a continuación, según sea el tipo de cemento utilizado:

a) Cementos pórtland normal y fillerizado: tres ***(3)*** días.

b) Cemento de alta resistencia inicial: dos ***(2)*** días.

c) Cementos de bajo calor de hidratación, puzolánico, compuesto, con escorias y cemento de alto horno: seis ***(6)*** días.

Como alternativa, el período de protección se debe extender como mínimo hasta que el hormigón haya desarrollado una resistencia in situ igual o mayor que 3,5 MPa.

5.1.6.3. Si el hormigón ***no contiene aire intencionalmente incorporado*** en su masa, los ***períodos de protección*** establecidos en el artículo 5.1.6.2 deben ser ***duplicados***.

Como alternativa, el período de protección se debe extender como mínimo hasta que el hormigón haya desarrollado una resistencia in situ igual o mayor que ***7 MPa***.

5.1.6.4. Durante el ***período de protección del hormigón*** se pueden admitir temperaturas de la masa inferiores a las indicadas en la ***Tabla 5.1*** siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

a) En ningún momento la ***temperatura del hormigón de la estructura*** será menor que ***5 °C***.

b) Dicha temperatura será monitoreada con ***sensores empotrados en su masa***, que serán leídos no menos de cuatro ***(4)*** veces al día. Las lecturas deben permitir el registro de los picos extremos.

c) La ***protección del hormigón*** se mantendrá durante el período de tiempo necesario para que el hormigón alcance una resistencia a compresión igual o mayor que ***7 MPa***, y asegure el posterior desarrollo de la resistencia característica especificada.

d) La ***protección exterior*** debe ser suficientemente confiable frente a los fenómenos atmosféricos y las contingencias propias de la obra, para poder asegurar las condiciones antes establecidas [a), b) y c)].

5.1.6.5. Para ***proteger el hormigón del efecto de las bajas temperaturas*** se deben utilizar cubiertas con aislantes térmicos que aprovechen el calor de

C 5.1.6.5. Para evitar la pérdida del calor producido por la hidratación del cemento se pueden emplear:

hidratación, o cerramientos que permitan calentar con vapor de agua el recinto en que se encuentra la estructura.

Si para mantener la temperatura se emplean ***radiadores o calefactores a combustión***, se deben adoptar las precauciones necesarias para evitar el secado del hormigón. Además, los gases de combustión se deben conducir hacia afuera del recinto calefaccionado para evitar la exposición del hormigón a una ***atmósfera contaminada*** con anhídrido carbónico.

- Encofrados protegidos con un material aislante (espuma de poliuretano, placas de poliestireno expandido, espuma vinílica, lana de vidrio, lana de vidrio con foil aluminizado, film de polietileno con burbujas de aire, aislantes a base de espuma de polietileno, etc.).

- Mantas que contengan en su interior un material aislante (lana de vidrio, fibras celulósicas o paja).

- Materiales aislantes sueltos en elementos horizontales o sub-horizontales (paja, arena o tierra).

Dado que las esquinas y bordes son particularmente vulnerables, es conveniente triplicar el espesor de material aislante para estas partes.

El uso de recintos cerrados constituye el método de protección más efectivo, pero generalmente más caro. Los construidos con materiales rígidos, dada su mayor hermeticidad, mantienen mejor la temperatura ambiental interna. Estos recintos se pueden calentar mediante aire caliente, vapor de agua o radiadores. Cuando se empleen fuentes de calor distintas del vapor de agua, se adoptarán las precauciones necesarias para evitar el secado del hormigón.

5.1.6.6. El ***curado del hormigón*** durante el ***período de protección*** se debe realizar utilizando algunos de los métodos indicados en el artículo 4.10, combinándolos con la protección adecuada para cumplimentar los requisitos establecidos en los artículos 5.1.6.1 a 5.1.6.5.

En caso de emplearse un ***curado húmedo*** con aporte de agua o vapor, el mismo debe ser interrumpido no menos de ***12 h*** antes de que se termine el período de protección establecido.

C 5.1.6.6. El curado con agua es el método menos recomendable en clima frío. Cuando los recintos de protección se encuentran mal sellados se puede congelar el agua en el interior de los mismos. Por otra parte, al saturarse de agua el hormigón, crece la posibilidad de congelamiento del mismo al ponerse en contacto con el ambiente exterior, una vez finalizado el período de protección.

5.1.6.7. Finalizado el ***período de protección***, en caso de que existan temperaturas ambientes por encima de ***10 ºC*** durante más de ***12 h*** de cualquier período de ***24 h*** por tres ***(3)*** días consecutivos, se debe considerar que el hormigón no está más sometido a tiempo frío y sobre él se continuará el curado normal.

5.2. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO CÁLIDO

C 5.2. REQUISITOS PARA EL HORMIGONADO EN TIEMPO CÁLIDO

Los requisitos para hormigonado en tiempo cálido especificados en este artículo se basan en el documento ACI 305R-10.

5.2.1. Definición

Este Reglamento define como ***tiempo cálido*** a cualquier combinación de factores climáticos asociados a la ***alta temperatura ambiente*** que tienda a perjudicar la calidad del hormigón fresco o endurecido o que contribuya al desarrollo de propiedades anormales del mismo.

C 5.2.1. Definición

Los factores climáticos asociados a la alta temperatura ambiente incluyen: alta temperatura del hormigón, baja humedad relativa ambiente, velocidad del viento y radiación solar.

a) Efectos sobre el hormigón fresco:

- Mayor demanda de agua de mezclado.
- Mayor velocidad de aumento de consistencia, y por ende la tendencia a agregar agua en el lugar de colocación.
- Menor tiempo de fraguado inicial, dificultando las operaciones de transporte, colocación, compactación, terminación y curado. Crece la posibilidad de generar juntas de construcción no previstas.
- Mayor posibilidad de que se produzcan fisuras por contracción.
- Dificulta mantener bajo control el contenido de aire incorporado al hormigón.

b) Efectos sobre el hormigón endurecido:

- La mayor demanda de agua puede dar lugar a reducciones en la resistencia.
- Aumenta la tendencia a la fisuración por contracción por secado o shock térmico.
- Reduce la durabilidad del hormigón.
- Disminuye la posibilidad de lograr superficies vistas de apariencia uniforme.

5.2.2. Temperatura de colocación del hormigón fresco

5.2.2.1. La ***temperatura del hormigón fresco***, inmediatamente después de su colocación y compactación, debe ser igual o menor que ***30 °C***.

En estructuras o elementos estructurales cuya menor dimensión transversal es igual o menor que ***30 cm***, se admite una temperatura de hasta ***32 °C***.

Cuando el Proyectista Estructural establezca una temperatura menor de colocación, esta tendrá prelación sobre la indicada anteriormente.

5.2.2.2. La ***temperatura*** indicada en el artículo 5.2.2.1 no evita la formación de ***fisuras por contracción térmica***. Cuando la tipología estructural y las condiciones del medio planteen la posibilidad de que ello ocurra y se deba evitar la fisuración térmica por razones de durabilidad y/o aptitud de servicio de la estructura, se deben realizar los estudios necesarios para fijar la temperatura máxima de colocación.

Lo expresado precedentemente es de especial aplicación, sin que las menciones sean taxativas, en

C 5.2.2. Temperatura de colocación del hormigón fresco

C 5.2.2.1. A menudo se especifica una temperatura máxima del hormigón en el momento de ser colocado, en un intento de controlar su resistencia, durabilidad, fisuración por contracción plástica, fisuración térmica y contracción por secado.

C 5.2.2.2. La fisuración temprana debido a la contracción térmica es generalmente más severa en primavera y verano, debido a que la amplitud de temperatura en un período de ***24 horas*** es mayor durante estas épocas del año.

Las medidas de precaución requeridas en un día ventoso y/o soleado serán más estrictas que las requeridas en un día sin viento y húmedo, incluso si las temperaturas del aire son idénticas.

estructuras masivas, ***tabiques***, ***losas de fundación*** y ***entrepisos de grandes dimensiones***, y en toda estructura en las que las formas estructurales y las restricciones de vínculos a la retracción térmica puedan producir tensiones mayores que la resistencia a tracción.

5.2.2.3. El ***hormigonado en tiempo cálido*** puede provocar la fisuración por ***contracción plástica*** del hormigón. La temperatura indicada en el artículo 5.2.2.1 no asegura su prevención.

Cuando se hormigone en ***tiempo cálido*** se deben prever las condiciones necesarias para evitar la contracción plástica.

C 5.2.2.3. La fisuración por contracción plástica está asociada frecuentemente al hormigonado en tiempo cálido en climas áridos y se puede producir siempre que la velocidad de evaporación sea mayor que la velocidad de exudación del hormigón.

En el ***Anexo A5***, la ***Figura A5.1*** presenta la forma de estimar la velocidad de evaporación a partir de la temperatura del hormigón y las condiciones ambientales. También se incluye la expresión 4 que permite esa estimación. La ***Tabla A5.1*** muestra que, desde el punto de vista de la fisuración plástica, temperaturas del hormigón aún menores que ***30 ºC*** pueden ser críticas.

5.2.3. Reducción de la temperatura del hormigón

Para ***reducir la temperatura del hormigón*** se puede adoptar uno o más de los siguientes métodos:

a) Usar cemento con la menor temperatura posible.

b) Mantener los acopios de agregados a la sombra, y refrigerarlos por humedecimiento con agua en forma de niebla para reducir su temperatura.

c) Refrigerar el agua de mezclado.

d) Emplear hielo en reemplazo parcial o total del agua de mezclado.

e) Mantener a la sombra o aislados térmicamente o pintados de blanco o de color claro a los silos, tolvas, depósitos y cañerías que conducen el agua de mezclado, y al tambor de la hormigonera.

f) Enfriar los materiales componentes del hormigón usando nitrógeno líquido.

C 5.2.3. Reducción de la temperatura del hormigón

La temperatura del hormigón fresco más favorable para su colocación en tiempo cálido está comprendida entre ***10 ºC*** y ***16 ºC.*** Sin embargo, resulta difícil de obtener sin recurrir al enfriamiento artificial.

Si durante las tareas de hormigonado la temperatura del hormigón se incrementa en los sucesivos pastones, se pueden producir diversos inconvenientes que afecten la calidad final del material. Al aumentar la temperatura hay pérdida de asentamiento que, inadecuadamente, se tiende a compensar agregando agua a la mezcla, disminuyendo así la resistencia y afectando en forma desfavorable otras propiedades importantes del hormigón.

En el ***Anexo A5***, se incluye la ***expresión para la temperatura del hormigón recién mezclado***.

5.2.4. Elaboración del hormigón

5.2.4.1. Cuando se utiliza ***hielo***, el mismo se debe fundir totalmente antes de terminar el período de mezclado.

C 5.2.4. Elaboración del hormigón

C 5.2.4.1. Al fundirse, el hielo absorbe calor a razón de ***80 cal/g (335 J/g***). Para ser más efectivo, debe ser incorporado a la hormigonera en forma de escamas o fuertemente triturado como reemplazo parcial o total del agua de mezclado.

5.2.4.2. Si los ***agregados se refrigeran con agua en forma de riego o niebla***, se debe descontar del total de agua de mezclado la aportada por los agregados, al igual que en cualquier caso de aporte de agua a través de los mismos.

C 5.2.4.2. Dado que la mayor parte del hormigón está constituida por los agregados, la reducción de la temperatura de los mismos es prioritaria. En consecuencia, se deberán emplear todos los métodos prácticos necesarios para mantener los agregados lo más fríos posible.

El rociado de los agregados gruesos con agua puede reducir su temperatura por evaporación y por enfriado directo. No obstante, el mojado de los agregados tiende a causar variaciones en la humedad superficial y por lo tanto a producir cambios en la consistencia y en la razón agua/cemento del hormigón.

5.2.4.3. En estructuras hormigonadas in-situ, ***no se debe utilizar*** cemento de alta resistencia inicial ni aditivos químicos aceleradores del tiempo de fraguado.

C 5.2.4.3. Siempre resultará conveniente minimizar el contenido de cemento. En tal sentido puede evaluarse el uso de adiciones minerales apropiadas, que no impliquen una aceleración del proceso de hidratación, demanda de agua excesiva u otros efectos desfavorables.

5.2.4.4. ***Se puede utilizar*** un aditivo retardador del tiempo de fraguado, fluidificante y retardador o superfluidificante y retardador del tiempo de fraguado del hormigón.

C 5.2.4.4. Los aditivos retardadores de fraguado o fluidificantes y retardadores de fraguado son benéficos para el hormigonado en tiempo cálido. Estos aditivos permiten compensar la aceleración del fraguado producida por la mayor temperatura del hormigón, pero no son de aplicación para resolver otros efectos térmicos desfavorables. Se pueden combinar con otros aditivos y la dosis de retardador se debe ajustar conforme la temperatura de colocación del hormigón.

En comparación con hormigones que no poseen aditivos, una mezcla con aditivo reductor de agua y retardador puede tener mayor velocidad de pérdida de asentamiento, no obstante, en general si el asentamiento inicial es aumentado para compensar dicha pérdida, la reducción neta de agua y otros beneficios serán substanciales.

El uso de aditivos superfluidificantes o superfluidificantes-retardadores de fraguado puede ser beneficioso en tiempo cálido cuando se los emplea para producir hormigones fluidos, al incrementar la velocidad de colocación y compactación.

5.2.4.5. El ***tiempo de mezclado del hormigón*** debe ser el mínimo indispensable para producir mezclas uniformes y homogéneas. En lo posible, y para hormigón mezclado en planta fija, no debe exceder de ***90 s***.

C 5.2.4.5. Los procedimientos de mezclado en las condiciones de tiempo cálido no son diferentes a las buenas prácticas bajo condiciones ambientales normales.

Es conveniente minimizar el tiempo de mezclado y la velocidad de la mezcladora para evitar aumentos innecesarios en la temperatura del hormigón. Tan pronto como el hormigón ha sido mezclado hasta lograr su homogeneidad, toda rotación adicional del tambor se debe producir a la menor velocidad de agitación de la unidad o a una velocidad recomendada para la mezcladora, o por el fabricante de aditivos en

caso de ser utilizado. Se debe tratar de evitar detener la rotación del tambor por períodos prolongados.

5.2.5. Transporte y colocación del hormigón

C 5.2.5. Transporte y colocación del hormigón

5.2.5.1. En tiempo cálido, o en condiciones que favorezcan el endurecimiento del hormigón, el tiempo de transporte hasta la descarga total del hormigón se debe limitar a ***60 min*** desde que el agua se puso en contacto con el cemento. Esta limitación no aplica si se adoptan medidas para contrarrestar el aumento de pérdida de trabajabilidad y la velocidad de fraguado.

C 5.2.5.1. Se debe minimizar el período comprendido entre el mezclado y la colocación del hormigón. El despacho de los camiones se debe coordinar con la velocidad de colocación para evitar demoras en el arribo o períodos de espera hasta la descarga. Cuando se coloquen grandes volúmenes de hormigón, se debe contar con buenas comunicaciones entre el lugar de colocación y las instalaciones de producción del hormigón.

Las operaciones de colocación se deben planificar con la suficiente anticipación, de modo tal de minimizar la exposición del hormigón a condiciones adversas.

5.2.5.2. Cuando la temperatura del aire ambiente llegue a ***30 ºC***, y se continúe colocando hormigón adoptando las precauciones estipuladas en el artículo 5.2.3, se debe proceder a rociar y humedecer los moldes, los encofrados, el hormigón y las armaduras existentes, con agua en forma de niebla a la menor temperatura posible. En este caso, inmediatamente antes de la colocación del hormigón, se debe eliminar toda acumulación de agua que pueda existir en los lugares que ocupará el hormigón fresco.

En caso de que las condiciones ambientales diurnas sean críticas para lograr que el hormigón tenga una temperatura menor a la establecida, las operaciones de hormigonado podrán realizarse en el momento más oportuno de modo de lograr que al alcanzarse los picos máximos de temperatura en el elemento hormigonado, no se produzcan saltos térmicos significativos entre su temperatura interior y la temperatura ambiente.

5.2.5.3. Diariamente y a distintas horas se debe registrar la temperatura y la humedad relativa ambiente, la temperatura del hormigón y la velocidad del viento (ver el artículo 1.3.5).

C 5.2.5.3. Los informes del tiempo local junto con la temperatura prevista o medida en el hormigón, deben permitir al personal de supervisión determinar y preparar las medidas protectoras requeridas.

5.2.6. Protección y curado del hormigón

C 5.2.6. Protección y curado del hormigón

5.2.6.1. Las ***superficies expuestas de hormigón*** se deben mantener continuamente humedecidas durante ***48 h*** después de finalizada la colocación, mediante riego en forma de niebla, arpilleras húmedas u otros medios de comprobada eficacia. Inmediatamente después se debe seguir con el período de curado húmedo especificado en el artículo 4.10.

C 5.2.6.1. Las operaciones de protección y curado deben comenzar lo más pronto posible para evitar el secado de las superficies, con una amplia cobertura y deben ser continuadas sin interrupción. La no realización de estas tareas puede originar una contracción por el secado y una fisuración excesivas, lo cual perjudicará la durabilidad de las superficies y la resistencia del hormigón.

5.2.6.2. Durante las primeras ***24 h***, las ***superficies de hormigón expuestas al medio ambiente***, deben ser protegidas contra la acción del viento y del sol, con el objeto de evitar la fisuración del hormigón por contracción plástica y/o por secado prematuro.

C 5.2.6.2. Como se menciona en el ***Anexo A5*** habrá que tomar precauciones cuando la velocidad de evaporación sea mayor que ***1 kg/m²h*** y preferentemente cuando la misma supere ***0,5 kg/m²h***. En el Anexo también se describe un sencillo método para determinar la velocidad de evaporación.

5.2.6.3. Los ***encofrados de madera*** se deben mantener continuamente humedecidos hasta finalizar el período de curado especificado en el artículo 4.10.

5.2.6.4. En ningún caso el ***agua de curado*** debe tener una temperatura inferior a la del hormigón en más de ***10 º C***.

5.2.6.5. El ***curado del hormigón*** se debe realizar utilizando algunos de los métodos indicados en el artículo 4.10, combinándolos con la protección adecuada para cumplimentar los requisitos establecidos en los artículos 5.2.6.1 a 5.2.6.4.

ANEXO AL CAPÍTULO 5

HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO Y CALIDO

ANEXO A5-1. HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO Y CALIDO

1. ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL HORMIGÓN A PARTIR DE LA TEMPERATURA DE LOS MATERIALES COMPONENTES

1.1. En tiempo frío

Cuando se conocen las ***temperaturas de todos los constituyentes*** y el ***contenido de humedad de los agregados***, la ***temperatura final de la mezcla de hormigón*** se puede estimar a partir de la siguiente expresión

$$T = \frac{\left[0{,}22\ \left(Taf\ Paf + Tag\ Pag + Tc\ Pc\right) + Ta\ Pa + Taf\ Pafs + Tag\ Pags\right]}{\left[0{,}22\ \left(Paf + Pag + Pc\right) + Pa + Pafs + Pags\right]} \qquad (5\text{-}1)$$

siendo:

T la temperatura final de la mezcla de hormigón, en ºC

Tc la temperatura del cemento, en ºC

Taf la temperatura del agregado fino, en ºC

Tag la temperatura del agregado grueso, en ºC

Ta la temperatura del agua de mezclado agregada, en ºC

Pc el peso del cemento, en kg

Paf el peso del agregado fino, en kg

Pag el peso del agregado grueso, en kg

Pa el peso del agua de mezclado agregada, en kg

Pafs el peso del agua libre en el agregado fino, en kg

Pags el peso del agua libre en el agregado grueso, en kg

Si la temperatura de ***uno o ambos agregados*** es inferior a ***0 ºC***, el agua libre de los mismos estará congelada, y consecuentemente la expresión anterior se deberá transformar sustituyendo ***(Taf Pafs)*** o ***(Tag Pags)*** o ambos, si corresponde, de la siguiente forma:

$$Taf\ Pafs \quad por \quad Pafs\left(0{,}50\ Taf - 80\right)$$

$$Tag\ Pags \quad por \quad Pags\left(0{,}50\ Tag - 80\right)$$

Resultando:

$$T = \frac{\left[0{,}22\ \left(Taf\ Paf + Tag\ Pag + Tc\ Pc\right) + Ta\ Pa + Pafs\left(0{,}50\ Taf - 80\right) + Pags\left(0{,}50\ Tag - 80\right)\right]}{\left[0{,}22\ \left(Paf + Pag + Pc\right) + Pa + Pafs + Pags\right]} \qquad (5\text{-}2)$$

Debido a que su calor específico es entre ***cuatro a cinco veces mayor que el del cemento*** o de los agregados, el agua de mezclado posee el mayor efecto por unidad de peso, sobre la temperatura del hormigón, que cualquiera de los componentes sólidos.

1.2. En tiempo cálido

Hormigón sin hielo: La misma expresión que en expresión (**5-1**).

Hormigón con hielo: Añadiendo a la expresión **(5-1)** los efectos del hielo considerando el ***consumo de calor producto del cambio de estado.***

$$T = \frac{\left[0{,}22\left(Taf\ Paf + Tag\ Pag + Tc\ Pc\right) + Ta\left(Pa - Ph\right) + Taf\ Pafs + Tag\ Pags\right] - 80\ Ph}{\left[0{,}22\left(Paf + Pag + Pc\right) + Pa + Ph + Pafs + Pags\right]} \qquad (5\text{-}3)$$

siendo:

Ph el peso del hielo, en kg

La temperatura del agua es fácil de controlar y, aunque este material se utiliza en menor cantidad que los componentes sólidos, el uso de agua fría de mezclado produce una reducción moderada en las temperaturas de colocación del hormigón.

La reducción de la temperatura del agua se puede realizar por refrigeración directa o por mezclado de la misma con hielo.

Los silos y las tolvas absorben menos calor si se los recubre con alguna pintura reflectora del calor. También resulta de alguna ayuda pintar de blanco las superficies para minimizar el calor de origen solar.

En base a un ***tiempo de entrega de 1 h*** durante un día cálido y soleado, el hormigón en un tambor blanco y limpio debería ser de ***1 ºC a 1,5 ºC*** más frío que en un tambor negro o rojo.

2. TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO EN TIEMPO CÁLIDO Y RIESGO DE FISURACIÓN PLÁSTICA

2.1. Desde el punto de vista de la ***fisuración plástica***, temperaturas del hormigón aún menores que ***30 ºC*** pueden ser críticas, según se aprecia en la ***Tabla A5.1***.

Tabla A5.1. Temperaturas del hormigón y humedades relativas para limitar la velocidad de evaporación crítica para que se produzca la fisuración plástica a 1 kg/m^{2}h (se asume una velocidad del viento de 16 km/h y una diferencia de temperatura entre hormigón y aire de 6 ºC).

Temperatura del hormigón (ºC)	Humedad relativa (%)
41	90
38	80
35	70
32	60
29	50
27	40
24	30

2.2. El nomograma de la ***Figura A5.1*** permite estimar la velocidad de evaporación de la humedad superficial del hormigón fresco en función de su temperatura y de las condiciones ambientales. Otra alternativa es aplicar la expresión (**5-4**). Se recomienda tomar medidas precautorias cuando la ***velocidad de evaporación prevista se aproxime a 1 kg/m²h.***

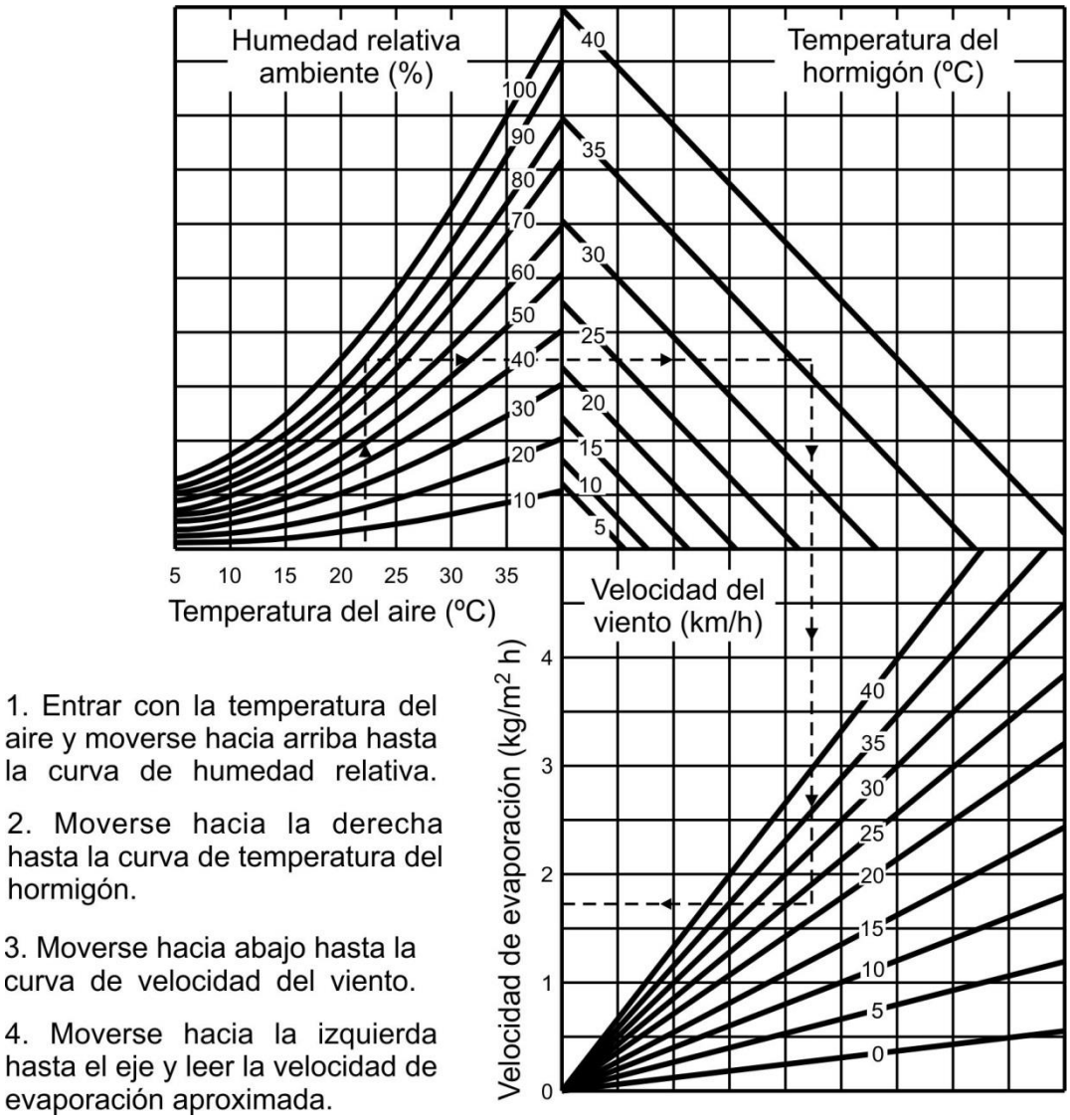


Figura A5.1. Efecto de la temperatura del hormigón y del aire, de la humedad relativa ambiente y de la velocidad del viento, sobre la velocidad de evaporación de la humedad superficial del hormigón.

$$E = 5\left(\left(T_h + 18\right)^{2,5} - \frac{HR\left(T_a + 18\right)^{2,5}}{100}\right)\left(V + 4\right)10^{-6} \qquad \textbf{(5-4)}$$

siendo:

E la velocidad de evaporación, en kg/m²·h.

V la velocidad promedio del viento a ***0,5 m*** sobre la superficie del hormigón km/h.

HR la humedad relativa (en caso de medirse en obra, se deberá considerar medir la ***HR*** a una altura aproximadamente de ***1,2 m a 1,8 m*** por encima de la superficie de

evaporación a barlovento y protegida de los rayos solares), en %.

T_a la temperatura del aire (en caso de medirse en obra, se deberá considerar medir la T_a a una altura de aproximadamente de ***1,2 m a 1,8 m*** por encima de la superficie de evaporación a barlovento y protegida de los rayos solares), en (ºC).

T_h la temperatura del hormigón, en (ºC).

2.3. Determinación de la velocidad de evaporación

La ***velocidad de evaporación*** se puede determinar ajustadamente mediante una bandeja de aproximadamente ***30×30 cm***, que se llena de agua y se pesa cada ***15 a 20 min*** y estará dada por la pérdida de peso del agua de la bandeja. Para ello bastará disponer de una balanza de no menos de ***3500 g*** de capacidad, graduada al ***0,1 g***.

CAPÍTULO 6. CRITERIOS Y CONTROL DE CONFORMIDAD DEL HORMIGÓN

6.0. SIMBOLOGÍA

f'_c resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.

f'_{ci} resistencia de un ensayo, en MPa.

f'_{cm} media aritmética de los resultados de los ensayos de resistencia, en MPa.

f'_{cm3} resistencia media móvil de cada serie de tres (3) ensayos consecutivos, en MPa.

S_n desviación estándar, en MPa

S_p desviación estándar de los resultados de los ensayos de resistencia correspondiente al control de producción, en MPa.

S_r desviación estándar de los resultados de los ensayos de resistencia correspondiente al control de recepción, en MPa.

$f'_{c15\times30}$ resistencia a compresión del hormigón, en MPa, medida sobre probetas cilíndricas de ***15 cm*** de diámetro y ***30 cm*** de altura.

$f'_{c10\times20}$ resistencia a compresión del hormigón, en MPa, medida sobre probetas cilíndricas de ***10 cm*** de diámetro y ***20 cm*** de altura.

CE coeficiente de corrección que debe aplicarse a los resultados de resistencia obtenidos mediante el ensayo de probetas encabezadas con placas de elastómero para llevarlos a los valores obtenidos con el método de referencia (encabezado con morteros de azufre, cemento o pulidas).

6.1. REQUISITOS GENERALES

Este Capítulo contiene las disposiciones a aplicar para determinar si el hormigón utilizado para la construcción de una estructura cumple con los requisitos establecidos en este Reglamento.

6.1.1. Los ***criterios de conformidad*** son las disposiciones destinadas a establecer si el hormigón que se colocó en una estructura cumple con los requisitos especificados por este ***Reglamento*** y los ***Documentos del Proyecto***. Los ***criterios de conformidad*** contenidos en este capítulo están referidos a las propiedades del

C 6.1. REQUISITOS GENERALES

C 6.1.1. Siguiendo los criterios de conformidad usados en los reglamentos de referencia del ámbito internacional, y también en las versiones CIRSOC 201-82, CIRSOC 201M-96 y CIRSOC 201-05, este Reglamento define ***la resistencia especificada (f'_c)*** utilizando ***criterios estadísticos***

hormigón fresco y del hormigón endurecido.

explícitos. No obstante, para determinar si el hormigón utilizado en la construcción de una estructura posee dicha resistencia especificada, este Reglamento recurre a ***criterios de conformidad*** que utilizan un número reducido de valores de ensayo a los cuales no les aplica expresiones de matemática estadística. ***La excepción la constituyen las obras de gran volumen de producción de hormigón, en cuyo caso este Reglamento aplica criterios estadísticos.***

Las expresiones matemáticas de los criterios de conformidad por resistencia también pueden ser evaluadas con la teoría de las probabilidades para determinar cuál es el error con que estiman el cumplimiento de la resistencia especificada.

Si se evaluara en términos estadísticos la resistencia ***potencial del hormigón colocado en la estructura*** (resistencia característica del hormigón colocado), ella debería ser igual o mayor que la especificada (resistencia característica del hormigón especificado). La especificación y obtención de esa resistencia están íntimamente vinculadas con la seguridad de la estructura.

El cumplimiento de los criterios de conformidad supone que se cumple con la resistencia especificada, con un error de estimación que depende del número de ensayos utilizados en la estimación y de los valores de corte establecidos para aceptar en el criterio de conformidad.

No se debe confundir:

1) La ***definición de la resistencia especificada*** necesaria para satisfacer una dada seguridad estructural.

2) El valor de ***resistencia utilizada por el productor para diseñar la mezcla*** que tiene en cuenta a la resistencia especificada, la dispersión de resistencia de la planta y el porcentaje de rechazos que el productor está dispuesto a admitir.

3) El ***valor límite del criterio de conformidad***, establecido para un determinado nivel de error de estimación de la resistencia, con el cual el consumidor determina si el hormigón que le entregan posee o no la resistencia especificada.

6.1.2. El ***control de conformidad*** constituye el conjunto de acciones y decisiones destinadas a la recepción del hormigón, aplicando los criterios de conformidad. Se basa en la realización de ensayos normalizados que miden las propiedades del hormigón especificadas en los ***Documentos del Proyecto***. Dichos ensayos se deben realizar a partir de muestras extraídas en obra bajo la

C 6.1.2. Los criterios de conformidad se aplican utilizando exclusivamente los resultados de ensayo de las probetas moldeadas en obra.

Para este Reglamento, el ***único responsable de la realización e interpretación de los ensayos, y de la aplicación de los criterios de conformidad, es el Director de Obra***. Ello no impide que el

responsabilidad del ***Director de Obra***. Los ensayos a realizar sobre dichas muestras también son responsabilidad del ***Director de Obra***. ***En ningún caso, los resultados de los ensayos y registros de control interno y/o externo de la planta elaboradora eximirán al Director de Obra de realizar los ensayos de Control de Conformidad*** que le corresponden de acuerdo con el presente Capítulo.

Director de Obra pueda delegar la realización de alguna de esas funciones en sus auxiliares, pero sin transferir la responsabilidad que le asigna este Reglamento.

6.1.3. El ***plan de muestreo y ensayos y los criterios de conformidad*** a aplicar, se indican en los artículos 6.2, 6.5 y 6.6 inclusive. Cuando en un Proyecto Estructural sea necesario incrementar el muestreo y los ensayos, ello se debe establecer en los ***Documentos del Proyecto***.

6.1.4. Los ***criterios de conformidad establecidos en este Reglamento*** tienen en cuenta los sistemas de control de producción correspondientes a la elaboración del hormigón y los controles de conformidad realizados por el ***Director de Obra***.

C 6.1.4. ***Los criterios de conformidad establecidos en este Reglamento consideran también la posibilidad de utilizar los controles de producción de planta,*** cuando el ***Director de Obra*** los supervisa directamente por estar la planta dentro del recinto de obra o en el caso de que los controles de planta estén avalados por un sistema de calidad certificado y el Director de Obra tiene acceso a dicha información.

Los ***controles de planta*** sirven como información adicional y ***no se deben utilizar en el cálculo establecido por el criterio de conformidad***. Pero su existencia y disponibilidad constituyen una de las ***condiciones necesarias para poder recibir en el Modo 1 de conformidad*** según se establece en el artículo 6.1.5.

El uso conjunto ***de los controles de planta*** (condición previa) y de los ***controles a pie de obra*** se inspira en los conceptos más modernos utilizados en los sistemas de calidad. Además, si su aplicación es posible y ambos controles son confiables, esto permite reducir el error de aceptación del consumidor.

La aplicación del criterio de conformidad de resistencia establecido en el Código ACI 318-02/19 tiene una probabilidad elevada de aceptar lotes no conformes (error del consumidor) si se prescinde del control de producción de planta (o lo que es lo mismo, de la garantía de calidad del productor). A modo de ejemplo, lotes con ***20 %***, ***30 %*** y ***40 %*** de defectuosos (cantidad de hormigón por debajo de f'_c) tienen una probabilidad de ser aceptados de aproximadamente ***0,83***, ***0,64*** y ***0,44*** respectivamente. Se ha considerado que el criterio del Código ACI 318 es viable en un contexto de producción del hormigón que no está generalizado en nuestro país y que el ***Modo 1*** de producción y control de conformidad es asimilable al existente en E.E.U.U. Para esas condiciones de producción y control de producción este Reglamento mantiene el criterio

de conformidad del ACI 318 (ver comentarios a los artículos 6.1.5 y 6.2.3). Cuando no se dan las condiciones anteriores se exige un criterio de conformidad que eleva el valor de corte tal como se explica en los comentarios al artículo 6.2.4.

6.1.5. Este Reglamento establece ***dos modos de control de conformidad a ser aplicados a diferentes modos de producción, puesta en obra y control de producción del hormigón***. Dichos modos se describen a continuación:

Modo 1. El hormigón es elaborado en una planta que opera con un ***Sistema de Gestión de Calidad***. La planta elaboradora puede estar instalada dentro o fuera del recinto de la obra. El Director de Obra tiene acceso al control de producción de la planta y conoce sus registros.

En los casos en que la planta se encuentre fuera del recinto de la obra, la misma deberá contar con un Sistema de Gestión de la Calidad certificado, según ***norma IRAM-ISO 9001:2015***. El control de conformidad se realiza de acuerdo con el artículo 6.2.3.

Modo 2. El hormigón es ***producido en condiciones que no satisfacen los requisitos establecidos para el Modo 1***. El control de conformidad se realiza de acuerdo con el artículo 6.2.4.

C 6.1.5. El ***Modo 1*** es aplicable a los casos en que la obra es abastecida por una planta elaboradora ubicada fuera del recinto físico de la obra, así como a los casos en que la planta es operada por la misma empresa constructora (ver el Capítulo 5).

6.1.6. Ensayos para verificar la resistencia especificada

C 6.1.6. Ensayos para verificar la resistencia especificada

6.1.6.1. Se deben realizar ensayos de resistencia de rotura a la compresión utilizando probetas cilíndricas normales de ***15 cm de diámetro*** y ***30 cm de altura***, las que deben ser moldeadas y curadas de acuerdo con lo establecido en IRAM 1534 o 1524. Las probetas deben ser ensayadas a compresión hasta la rotura, de acuerdo con lo establecido en IRAM 1546. La ***edad de ensayo debe ser la edad de diseño*** de acuerdo con el artículo 2.3.3.

El diámetro de la probeta debe ser como mínimo tres veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado grueso del hormigón. Las partículas de tamaño mayor que el máximo nominal, que ocasionalmente se observen al moldear las probetas, deben ser eliminadas en forma manual.

Se podrán utilizar probetas cilíndricas de ***10 cm de diámetro*** y ***20 cm de altura*** En este caso, se debe efectuar la corrección de los resultados de ensayo por tamaño de la probeta. Para tal fin, en ***estudios previos de mezclas***, se debe determinar la relación entre las resistencias obtenidas ensayando probetas cilíndricas normales de ***15 cm*** de diámetro y ***30 cm*** de altura y las obtenidas en probetas cilíndricas normales de ***10 cm*** de diámetro y ***20 cm*** de altura (coeficiente de corrección).

C 6.1.6.1. ***Este Reglamento incorpora el concepto de efecto tamaño sobre la resistencia a compresión***. Por tal motivo es necesario corregir el valor de resistencia determinado sobre cilindros de ***10 cm de diámetro y 20 cm de altura*** para asimilarlo al que se obtendría empleando cilindros de ***15 cm de diámetro y 30 cm de altura.***

De este modo:

$$f'_{c\ 15\times30} = 0{,}93\ f'_{c\ 10\times20}$$

El valor ***0,93*** se corresponde con lo informado en abundante bibliografía para hormigones convencionales.

Cuando no se realicen estos ensayos previos comparativos, se debe adoptar un ***coeficiente de corrección igual a 0,93***.

6.1.6.2. El encabezado de las probetas se realizará conforme a lo indicado por las normas IRAM 1553 e IRAM 1709.

6.1.6.3. Se debe adoptar como ***resultado de un ensayo*** ***(f'_{ci})*** al valor que se obtiene como ***promedio de las resistencias*** de, como mínimo, ***dos (2) probetas cilíndricas normales, moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad***. Se debe cumplir que la diferencia entre las resistencias extremas del grupo que constituye cada ensayo, sea menor del ***15 %*** de la resistencia media de las probetas que constituyen el grupo. Si dicho valor resultara mayor, se debe rechazar el ensayo correspondiente y se deben investigar los procedimientos de moldeo, curado y ensayo de las probetas, con el objeto de analizar si los mismos se están realizando en un todo de acuerdo con las normas. En el caso de que el grupo esté constituido por tres ***(3) probetas***, si la diferencia entre las resistencias extremas es mayor del ***15 %***, pero las resistencias de dos ***(2)*** de ellas difieren en menos del ***10 %*** con respecto a su resistencia promedio, se puede descartar el tercer resultado y aceptar el ensayo, tomando como resistencia del mismo el promedio de las dos aceptadas.

C 6.1.6.3. Cuando en uno de cada cinco casos se observa que el intervalo es mayor que el ***10 %,*** se deben analizar los procedimientos de muestreo, moldeo, curado y ensayo de las probetas con el objeto de detectar, y si es posible corregir, las causas que originan las discrepancias entre los resultados individuales de las probetas que componen cada muestra de ensayo,

6.2. CONFORMIDAD CON LA RESISTENCIA ESPECIFICADA

C 6.2. CONFORMIDAD CON LA RESISTENCIA ESPECIFICADA

6.2.1. Requisitos generales

C 6.2.1. Requisitos generales

6.2.1.1. La ***conformidad de la resistencia del hormigón colocado en una parte o en toda la estructura*** se debe determinar mediante resultados de ensayos de probetas moldeadas con muestras de hormigón extraídas a pie de obra.

6.2.1.2. Ensayos para verificar la resistencia especificada

Para ***juzgar la resistencia del hormigón*** que se colocó en los encofrados o moldes (resistencia potencial), se moldearán como mínimo dos ***(2)*** probetas, identificándose el elemento y el sector en donde se colocará el hormigón que ellas representan. El moldeo, acondicionamiento y ensayo se realizará de acuerdo con lo establecido en el artículo 6.1.6.

6.2.1.3. A los efectos indicados en los artículos 6.2.1.1 y 6.2.1.2, se deben agrupar los ***elementos estructurales***

C 6.2.1.3. Se entiende por lote al volumen de hormigón constituido por pastones sucesivos, elaborados bajo las mismas condiciones

de igual f'c en conjuntos sucesivos denominados lotes. ***La conformidad de la resistencia se debe determinar para cada lote***, salvo excepción debidamente justificada. La conformación de los lotes se indicará en los Documentos del Proyecto, pero será igual o menor que la establecida en el artículo 6.2.2.

esenciales y que, desde el punto de vista estadístico, puede considerarse que pertenecen a la misma población.

6.2.2. Dimensión de lotes y extracción de muestras

C 6.2.2. Dimensión de lotes y extracción de muestras

6.2.2.1. El ***Director de Obra establecerá la dimensión de los lotes***. El lote deberá ser igual o menor que lo indicado en la ***Tabla 6.1***, con la salvedad del caso indicado en el artículo 6.2.2.5.

Tabla 6.1. Dimensiones máximas de los lotes

		Tipo de elementos estructurales		
Modo de elabora-ción/ control	**Límite superior**	**Estructuras que tienen elementos comprimidos (1)**	**Estructuras que tienen sólo elementos solicitados a flexión (2)**	**Estructuras de grandes dimensiones (3)**
Modo 1	Volumen de hormigón	200 m^3	200 m^3	400 m^3
	Número de pastones	100	100	200
	Período de producción del lote	2 semanas	2 semanas	2 semanas
	Superficie construida (*)	1000 m^2	2000 m^2	------
	Número de plantas (*)	2	2	------
Modo 2	Volumen de hormigón	100 m^3	100 m^3	200 m^3
	Número de pastones	50	50	100
	Período de producción del lote	1 día	1 día	1 día
	Superficie construida (*)	500 m^2	1000 m^2	------
	Número de plantas (*)	1	1	------
	(1) Elementos comprimidos como: columnas, tabiques, pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc. **(2)** Esta columna incluye entrepisos de hormigón sobre pilares metálicos, tableros, muros de sostenimiento, etc. **(3)** Bases, plateas de fundación, etc., que en algún caso pueden tener el carácter de "masivo". (*) Válido sólo para estructuras de edificios.			

6.2.2.2. En el caso que algún lote resulte ***no conforme*** en el ***Modo 1***, se pasará a utilizar los límites del ***Modo 2*** hasta que cuatro lotes seguidos resulten conformes.

6.2.2.3. En el ***Modo 1***, cuando un conjunto de elementos estructurales posea dimensiones mayores que los límites que le corresponden en la ***Tabla 6.1,*** se puede considerar que dichos elementos estructurales constituyen un lote único si se cumple que:

- son hormigonados durante una misma jornada de trabajo en forma continuada, salvo interrupciones menores a ***3 horas***.

- en su hormigonado se utiliza un mismo tipo de hormigón elaborado con los mismos materiales.

6.2.2.4. El ***número de muestras a extraer*** debe ser igual o mayor que el resultante de aplicar las siguientes frecuencias:

- cinco ***(5)*** muestras por lote.

- tres ***(3)*** muestras por planta de edificio, cuando corresponda.
- para los casos previstos en el artículo 6.2.2.3, una ***(1)*** muestra cada ***100 m³*** de hormigón y no menos de cinco ***(5)*** muestras.

- La cantidad de muestras fijada por el director de obra

En cada muestra se debe realizar como mínimo un ensayo (dos probetas) a la edad de diseño.

6.2.2.5. Cuando se aplique el criterio de conformidad descripto en 6.2.3.8 (cálculo mediante herramientas estadísticas), la dimensión del lote será definida por el Proyectista y/o el Director de Obra y se deberá extraer no menos de:

- una muestra por cada día de hormigonado.

- una muestra cada 100 m^3 de hormigón colocado

6.2.3. Criterios de conformidad para el Modo 1 de Control

Los criterios de conformidad para el ***Modo 1*** de control se indican en el artículo 6.2.3.5. ***Estos criterios sólo se pueden aplicar si la planta posee un Sistema de Gestión de Calidad y se cumplen las condiciones establecidas en los artículos 6.2.3.1 a 6.2.3.4 inclusive***.

6.2.3.1. Campo de validez

La Planta Elaboradora satisface una de las dos alternativas siguientes:

a) Está instalada en el mismo recinto físico de la obra, opera de acuerdo con las prescripciones del artículo 6.2.3.2 y el Director de Obra aprueba y supervisa directamente el Sistema de Gestión de Calidad.

C 6.2.3. Criterios de conformidad para el Modo 1 de Control

Para el ***Modo 1*** se mantienen los criterios de conformidad especificados en el Código ACI 318-02 y 05, actualizados según ACI 318-19. ***Se asume que la Planta Elaboradora garantiza la conformidad del hormigón y ello reduce la probabilidad de aceptar lotes no conformes.***

b) Está instalada fuera del recinto físico de la obra, posee un ***Sistema de Gestión de Calidad según IRAM ISO 9001***, certificado por un organismo acreditado por el ***OAA*** (Organismo Argentino de Acreditación) y opera de acuerdo con lo especificado en los artículos 6.2.3.2 y 6.2.3.3.

El ***certificado emitido*** debe indicar las plantas que se encuentran comprendidas en su alcance. El ***certificado expedido para una planta es intransferible*** a otras no comprendidas en el alcance del certificado emitido.

El plazo de vigencia del certificado es el establecido por la entidad certificante, siendo, en todos los casos, no mayor a ***3 años***. Las auditorías para la evaluación de la planta se deben realizar con ***una frecuencia normal de 1 vez al año***.
El certificado otorgado no sustituirá todas las responsabilidades establecidas por la legislación vigente a nivel nacional, provincial o municipal que sean de aplicación, así como no exime a la planta productora de facilitar a la Dirección de Obra el acceso a los datos del control de producción de la planta y sus registros.

C 6.2.3.1.b). En el Anexo a este Capítulo 6 se presenta una ***GUIA de lineamientos básicos*** para la implementación de un ***Sistema de Gestión de Calidad según IRAM-ISO 9001:2015***.

6.2.3.2. Condiciones en que opera la Planta Elaboradora

En cualquiera de las alternativas exigidas en el artículo 6.2.3.1, la operación de la ***Planta Elaboradora*** debe incluir como mínimo, las siguientes condiciones:

- El hormigón se elabora en ***forma continua***. Se considera que la planta opera en forma continua cuando se dispone de un ***mínimo de 30 resultados de ensayo de una misma clase de hormigón***, evaluado durante un período mínimo de producción de ***30 días.***

- Se realiza el control de recepción de los materiales y la verificación periódica de sus características de empleo.

- El acopio de los materiales debe asegurar la producción continua del hormigón y garantizar que se mantengan las características originales de todos los materiales ingresados a la Planta, evitando su segregación y contaminación o deterioro. Las cantidades de materiales acopiados deben ser suficientes para una producción mínima de ***2 días***.

- Medición de todos los materiales en masa. Registro continuo de pesadas y verificación periódica de los equipos de pesado y de las mezcladoras.

- Mezcla dosificada racionalmente, con corrección de materiales por humedad.

- Muestreo periódico del hormigón y seguimiento de sus propiedades en estado fresco y de la resistencia a la edad de diseño, y a una edad anterior que se pueda correlacionar con la de diseño.

- El control de producción se basa en el seguimiento de la resistencia utilizando matemática estadística y cartas de control incluyendo:

  - Determinación de la resistencia media, desviación normal y resistencia característica con un mínimo de ***30*** resultados de ensayos.

  - Utilización de tablas y gráficos de control tales como: valores individuales, media móvil, característica móvil, "CUSUM", etc., que permitan el seguimiento de la resistencia y el estado de control del proceso (detección de tendencias o sesgos).

6.2.3.3. Cuando el hormigón se elabore según la alternativa descripta en el artículo 6.2.3.1.b), se deberán cumplir además los siguientes requisitos:

a) la ***Planta Elaboradora*** suministrará a la Dirección de Obra copia de los registros de control de producción y de los protocolos de ensayos correspondientes a la elaboración del tipo de hormigón del cual se realizó el suministro a la Obra. Dicha información estará certificada por el responsable de la Gerencia de Calidad de la Planta Elaboradora o su equivalente.

b) la ***Dirección de Obra*** tendrá libre acceso a la Planta Elaboradora y a sus registros de calidad.

6.2.3.4. Los ***resultados del control de producción de la Planta***, obtenidos por aplicación del artículo 6.2.3.2, deben demostrar que la media aritmética de los resultados de los ensayos de resistencia correspondientes al tipo de hormigón del cual proviene el lote que se evalúa, es igual o mayor que la resistencia especificada más ***1,28*** por la desviación estándar.

$$f'_{cm} \geq f'_c + 1{,}28\ S_n \qquad \textbf{(6-1)}$$

La ***desviación estándar*** debe ser calculada de acuerdo con el artículo 4.2.3.2, utilizando resultados de ensayos correspondientes a un ***período mayor a tres meses***. Dicho período será anterior al que se evalúa. El valor de la desviación estándar así determinado puede ser aplicado al período subsiguiente siempre que el valor móvil de los últimos quince ensayos se mantenga acotado dentro del rango ***0,63 a 1,37*** S_n . En caso contrario se calculará la desviación estándar con los

últimos resultados de ensayos correspondientes al período de obra en análisis, en el cual se verifique que todo el hormigón de una misma clase pertenece a la misma población, con distribución de frecuencias aproximadamente simétrica.

Cuando se disponga de ***15 a 29 resultados*** para calcular la ***desviación estándar*** (***S_n***), el desvío estándar de la población se puede estimar a partir del valor que resulta del cálculo con los resultados disponibles, mayorado con un factor de ajuste que proviene de la siguiente tabla:

Número de ensayos [(1)]	**Factor de ajuste para una desviación estándar (s)**
15	1,16
20	1,08
25	1,03
Igual o mayor que 30	1,00

[(1)] Para un número de ensayos comprendido entre los valores indicados, se utiliza una interpolación lineal.

NOTA: La desviación estándar (s) no se puede calcular con un conjunto de datos menor que 15 resultados de ensayos.

6.2.3.5. Cumplidas las condiciones establecidas en los artículos 6.2.3.1 a 6.2.3.4, la ***recepción del lote se debe hacer exclusivamente con los resultados de los ensayos que se indican en el artículo 6.1.2***. En el ***Modo 1 de Control*** se considera que el ***hormigón evaluado*** posee la resistencia especificada cuando se cumplan los requisitos establecidos en los artículos 6.2.3.6, 6.2.3.7 o 6.2.3.8. Al inicio de la obra se deberá definir cuál de los procedimientos mencionados será de aplicación. Una vez definido el criterio de evaluación, el mismo se aplicará durante el desarrollo de toda la obra, sin posibilidad de cambio, salvo aquellas indicadas en este reglamento o decididas por el Director de Obra.

6.2.3.6. Evaluación del 100 % del lote. En las estructuras donde las especificaciones particulares indiquen tomar muestras de todos los pastones, o donde ello resulte del volumen de hormigón colocado en cada jornada de trabajo, se considerará que todo el hormigón evaluado posee la resistencia especificada si se cumplen las dos condiciones siguientes:

a) La resistencia media de los ensayos de todas las muestras correspondientes al hormigón colocado en una jornada de trabajo es igual o mayor que la resistencia especificada.

$$f'_{cm} \geq f'_c \qquad \textbf{(6-2)}$$

b) El ***resultado de cada uno de los ensayos*** será igual o mayor que lo indicado en 6.2.3.7.b) o 6.2.3.7.c), según corresponda.

6.2.3.7. Empleo de estimadores

En las estructuras de edificios y otras, en las cuales se coloque hormigón en forma secuencial y no sea de aplicación el artículo 6.2.3.6 y 6.2.3.8, se considera que el ***hormigón evaluado*** posee la resistencia especificada cuando:

a) La resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos consecutivos cualesquiera, es igual o mayor que la resistencia especificada.

$$f'_{cm3} \geq f'_c \qquad \textbf{(6-3)}$$

b) El resultado de cada uno de los ensayos es igual o mayor que la resistencia especificada menos ***3,5 MPa, si*** $f'_c \leq 35$ ***MPa***

$$f'_{ci} \geq f'_c - 3{,}5 \text{ MPa} \qquad \textbf{(6-4)}$$

c) El resultado de cada uno de los ensayos es igual o mayor que la resistencia especificada menos ***0,10*** f'_c, ***si*** $f'_c > 35$ ***MPa***

$$f'_{ci} \geq f'_c - 0{,}10\, f'_c \qquad \textbf{(6-5)}$$

C 6.2.3.7. Empleo de estimadores

Los criterios de conformidad indicados en este artículo aplican a las estructuras de edificios en las cuales se coloca hormigón en forma secuencial con intervalos que generalmente son mayores que 3 días. También aplica a otros tipos de estructuras que se construyan con la misma metodología de colocación del hormigón.

Estos criterios de conformidad son similares a los establecidos en el CIRSOC 201-2005, con el agregado de la condición c) que se actualizó según el ACI 318.19

6.2.3.8. Cálculo mediante herramientas estadísticas

En estructuras de gran volumen, donde:

- Se coloca hormigón de una misma clase y dosificación en dos o más días por semana.
- Se dispone de ***30 o más resultados de ensayos*** de una misma clase y dosificación de hormigón.

Se considerará que ***todo el hormigón evaluado posee la resistencia especificada*** si se cumplen las dos condiciones siguientes:

a) La resistencia media aritmética de los resultados de ensayos de resistencia correspondientes al tipo de hormigón del cual proviene el lote que se evalúa cumpla con la expresión siguiente:

$$f'_{cm} \geq f'_c + 1{,}28\, S_r \qquad \textbf{(6-6)}$$

A los efectos del cálculo, el número de muestras a considerar será ***como mínimo 30 y máximo 40***.

El Director de Obra debe verificar mediante herramientas estadísticas que los datos se distribuyen de manera normal o gaussiana

C 6.2.3.8. Cálculo mediante herramientas estadísticas

C 6.2.3.8 a)

A tal efecto se podrán utilizar distintas técnicas estadísticas como por ejemplo la Recta de Henry, CUSUM, gráficos de Shewart, etc.

(distribución simétrica) y que no se detectan valores anómalos o tendencias definidas.

b) El ***resultado de cada uno de los ensayos*** será igual o mayor que el requerido en 6.2.3.7.b) o 6.2.3.7.c), según corresponda.

6.2.3.9. Cuando no se cumpla alguna de las condiciones establecidas en los artículos 6.2.3.6 a 6.2.3.8 se debe pasar al ***Modo 2*** de ***Control de Conformidad***.

6.2.4. Criterios de conformidad para el Modo 2 de Control

En este caso se debe evaluar el ***hormigón perteneciente a una misma clase***, recibido durante un intervalo de tiempo durante el cual la entrega en obra ha sido continua (admitiendo interrupciones menores a tres horas). La resistencia de dicho hormigón se evalúa con un número reducido de ensayos realizados de acuerdo con el artículo 6.2.1.

Se considerará que todo el hormigón evaluado posee la resistencia especificada **si se cumplen las dos condiciones siguientes**:

a) La ***resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3)*** ensayos consecutivos, correspondientes al hormigón evaluado, es igual o mayor que la resistencia especificada más ***5 MPa***.

$$f'_{cm3} \geq f'_c + 5\ MPa \qquad (6\text{-}7)$$

b) El resultado de cada uno de los ensayos será igual o mayor que la resistencia especificada:

$$f'_{ci} \geq f'_c \qquad (6\text{-}8)$$

Cuando el volumen de hormigón producido durante una jornada de trabajo continua corresponda a menos de tres pastones, la evaluación del lote se realizará aplicando exclusivamente la condición indicada en el artículo 6.2.4 b).

C 6.2.4. Criterios de conformidad para el Modo 2 de Control

El Modo 2 de control de conformidad constituye una modificación del comentado en el artículo 6.2.3. Ha sido diseñado para cuando se deba recibir un lote con ***5*** resultados de ensayos y ese lote pertenece a una población con ***5 MPa*** de desvío estándar y ***20 %*** de hormigón con resistencia inferior a f'_c. En esas condiciones, la probabilidad de aceptar, por error, a dicho lote no conforme, es igual a ***0,20***.

6.2.5. Criterios de conformidad para el hormigón de elementos estructurales sometidos a curado acelerado

6.2.5.1. En estos casos, los Documentos del Proyecto deben especificar claramente la resistencia potencial del hormigón con que se deben construir los elementos estructurales y la resistencia efectiva que debe poseer el hormigón a la conclusión del curado del elemento estructural. Este último puede incluir solamente al curado acelerado o la suma del curado acelerado más un curado húmedo posterior.

C 6.2.5. Criterios de conformidad para el hormigón de elementos estructurales sometidos a curado acelerado.

C 6.2.5.1. Según sean las características del Proyecto Estructural y su proceso constructivo, es habitual que se especifique una resistencia potencial mayor que la que debe lograrse efectivamente al final del proceso de curado industrial. Esta ***resistencia efectiva*** es la necesaria a los efectos de la seguridad estructural.

Cuando ambas resistencias sean diferentes también deberá verificarse la conformidad con los requisitos por durabilidad luego del curado completo.

6.2.5.2. La resistencia potencial y la resistencia efectiva mencionadas en el artículo 6.2.5.1 se deben evaluar por separado.

C 6.2.5.2. La resistencia efectiva deberá evaluarse mediante alguno de los métodos propuestos en el artículo 6.3.

6.2.5.3. Se considerará que el hormigón de un lote de elementos estructurales con curado acelerado es conforme por resistencia cuando, se verifiquen los criterios de conformidad del ***Modo 1 o del Modo 2,*** aplicando el artículo 6.2.3 o el artículo 6.2.4 según corresponda. A ese efecto, las dimensiones de los lotes y los criterios a aplicar serán los indicados en los artículos 6.2.2, 6.2.3 y 6.2.4.

6.2.6. Determinación del volumen de hormigón no conforme.

La determinación del volumen de hormigón no conforme correspondiente al lote evaluado dependerá de la metodología empleada para procesar los resultados de los ensayos de resistencia del hormigón, a saber:

a) **Evaluación del 100 % del lote**

Si ***algún valor de*** f'_{ci} ***no cumple*** con el artículo 6.2.3.6, se considerará no conforme al hormigón correspondiente al pastón del que fueron extraídas las probetas empleadas en el cálculo de f'_{ci} .

b) **Empleo de estimadores**

Cuando ***alguno de los valores individuales***, o de las ***medias móviles***, no cumplen los criterios de conformidad correspondientes, se debe acotar el volumen de hormigón representado por las muestras defectuosas. A tal efecto se debe considerar que:

- ***Si una o más medias móviles no cumplen con el criterio de conformidad*** que le corresponde según el modo de control adoptado, se considerará defectuoso todo el hormigón recibido durante el período comprendido entre la extracción de la primera y la última muestra utilizadas en el cálculo de las medias móvil defectuosas.

- ***Si un ensayo individual no cumple con el criterio de conformidad*** de los valores individuales, se considerará defectuoso a todo el hormigón recibido durante el período comprendido entre la extracción de las muestras anterior y posterior más próximas a la defectuosa, cuyos

resultados individuales satisfagan el criterio de conformidad de los valores individuales.

c) **Cálculo de la resistencia mediante herramientas estadísticas**

Cuando el valor de la resistencia media obtenido con los resultados de ensayo consecutivos no cumple con lo establecido en el artículo 6.2.3.8, se considerará que todo el hormigón representado por los resultados de ensayo (***entre 30 y 40***), ***es no conforme***.

6.3. ESTIMACION DE LA RESISTENCIA EFECTIVA

C 6.3. ESTIMACION DE LA RESISTENCIA EFECTIVA

6.3.1. Campo de validez

Este artículo contempla los casos en que se requiere estimar la resistencia efectiva ***del hormigón*** (desarrollo de resistencia in situ), para poder valorar:

- las condiciones de protección y de curado del hormigón.
- la oportunidad de realizar las operaciones de desencofrado y desapuntalamiento.
- la resistencia del hormigón como requisito previo para aplicar cargas a la estructura.
- la resistencia del hormigón para iniciar el movimiento y traslado de los elementos premoldeados.
- otras condiciones que sean necesarias por circunstancias propias de la estructura o de su construcción.

La ***resistencia efectiva*** se debe estimar mediante probetas moldeadas de acuerdo con el artículo 6.3.2 o aplicando el método de madurez indicado en el artículo 6.3.3.

En cualquiera de los casos, además, se deben moldear y ensayar probetas de acuerdo con lo especificado en el artículo 6.2.

6.3.2. Ensayo de probetas moldeadas

Para ***estimar la resistencia efectiva*** se deben moldear y ensayar probetas de hormigón adicionales a las requeridas en el artículo 6.2.

La ***resistencia efectiva*** se debe estimar, como mínimo, con el ***promedio de dos (2) ensayos provenientes de igual número de pastones distintos*** empleados en la

construcción de los elementos estructurales. A ese efecto se deben cumplimentar las siguientes condiciones:

a) Se moldearán grupos de ***dos (2)*** probetas adicionales cada uno (un ensayo), con muestras extraídas del mismo hormigón que se colocó en los elementos estructurales a verificar. Es aconsejable moldear también ***dos (2)*** probetas para ensayar según las condiciones establecidas en el artículo 6.2.

b) La cantidad de grupos de probetas adicionales dependerá de las variables a controlar de acuerdo con el artículo 6.3.1, de las diferentes edades de ensayo a que se realizarán los controles y de la importancia del elemento estructural. En hormigón pretensado es aconsejable realizar estos controles sobre cada elemento estructural.

c) Las probetas serán moldeadas y ensayadas según las normas IRAM 1524 y 1546.

d) Después de moldeadas, las probetas adicionales serán mantenidas junto a los elementos estructurales que representan y serán sometidas al mismo curado.

6.3.3. Aplicación del criterio de madurez del hormigón

Como alternativa a lo especificado en el artículo 6.3.2 se puede utilizar la ***madurez del hormigón***.

La resistencia efectiva alcanzada se puede evaluar comparando la madurez desarrollada por el hormigón colocado en la estructura durante el período de curado con la correspondiente al hormigón curado en condiciones de laboratorio. La madurez del hormigón se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$M = \sum (T + 10)\, \Delta t \qquad \textbf{(6-9)}$$

siendo:

M la madurez en grados centígrados por hora o grados centígrados por día.
T la temperatura en el interior del hormigón en grados centígrados.
Δt la duración del curado a la temperatura **T**, expresada en horas o días.

Este Reglamento considera que ***el hormigón colocado en la estructura ha desarrollado la resistencia requerida*** o tiene el ***curado especificado***, cuando su madurez en el sitio, según corresponda, sea igual a:

- la madurez necesaria para alcanzar la resistencia requerida en condiciones de curado de laboratorio.

C.6.3.3. Aplicación del criterio de madurez del hormigón

El principio fundamental del método consiste en relacionar la resistencia de un determinado hormigón con el valor de su madurez.

1) Para utilizar esta técnica, se debe trazar una curva resistencia a compresión–madurez para cada hormigón a elaborar en obra, siguiendo el procedimiento que se detalla:

   – Elaborar el hormigón utilizando los materiales y proporciones que se usarán en obra.

   – De un mismo pastón moldear probetas cilíndricas, en la cantidad suficiente para ser ensayadas a distintas edades y una probeta testigo para medir sobre ella las temperaturas de curado en función del tiempo. Las edades a adoptar dependen del tipo de estructura a construir. En general se puede tomar 6 horas, 9 horas, 12 horas, 18 horas, 1 día, 2 días, 3 días, 7 días, 28 días, 60 días y 90 días. Para cada edad se deben moldear como mínimo 3 probetas.

   – Las probetas para ser ensayadas a compresión y las probetas testigo deben ser curadas en forma normalizada, según IRAM 1524 o 1534.

- la madurez del hormigón curado en condiciones de laboratorio hasta la edad especificada.

– En cada período de tiempo preestablecido se debe medir la temperatura del hormigón en la probeta testigo, con el objeto de que a cada una de las edades de ensayo establecidas se cuente con un registro continuo de temperatura para poder calcular la madurez mediante la expresión:

$$M = \sum (T + 10)\ \Delta t$$

– Conociendo la resistencia a compresión promedio obtenida a cada edad de ensayo y el factor de maduración correspondiente, se ajusta una curva continua para el hormigón en estudio. Convencionalmente se representa sobre el eje de abscisas la madurez y sobre el eje de ordenadas la resistencia a la compresión.

2) Para verificar en obra la resistencia a compresión, a determinada edad, de un hormigón colocado, curado y protegido respetando las condiciones especificadas en este Reglamento, se procederá de la siguiente manera:

– Se debe contar en obra con la curva ajustada resistencia a compresión – madurez, obtenida en un todo de acuerdo con lo establecido en el punto 1) precedente.

– En cada período preestablecido, se debe medir la temperatura del hormigón en el interior del elemento estructural o sector de la estructura de la cual se quiere conocer la resistencia. De esta manera para cualquier edad de la estructura se cuenta con un registro continuo de temperaturas. La temperatura se puede medir usando termómetros de contacto o termocuplas.

– Con el registro de temperatura se calcula la madurez, utilizando la función de madurez:

$$M = \sum (T + 10)\ \Delta t$$

Cuanto menores son los períodos preestablecidos para medir la temperatura del hormigón, más representativo es el valor de la madurez.

– En la curva previamente ajustada, entrando en el eje de abscisas con el factor de maduración calculado para una determinada edad del hormigón, se puede determinar sobre el eje de ordenadas el valor de la resistencia a compresión correspondiente.

– La predicción de la resistencia a compresión utilizando el método de maduración se basa en la premisa fundamental de que el hormigón colocado en la estructura tiene la misma resistencia potencial que el hormigón elaborado en laboratorio para trazar la curva resistencia a compresión–madurez. Es fundamental verificar que se cumpla dicha premisa previamente a la aplicación de la curva determinada en laboratorio, mediante el moldeo de probetas curadas en forma normalizada y ensayadas a compresión a distintas edades tempranas.

6.4. VERIFICACIONES A REALIZAR CUANDO UN LOTE NO POSEE LA RESISTENCIA POTENCIAL ESPECIFICADA

C 6.4. VERIFICACIONES A REALIZAR CUANDO UN LOTE NO POSEE LA RESISTENCIA POTENCIAL ESPECIFICADA

6.4.1. ***Esta verificación es de exclusiva aplicación para estructuras en construcción***, en las que la evaluación de acuerdo con el artículo 6.2 haya indicado ***lotes no conforme***.

Esta verificación no puede ser aplicada a estructuras existentes o a estructuras en construcción en las que se carezca de resultados de ensayos de probetas moldeadas.

6.4.2. Si la evaluación de acuerdo con el artículo 6.2 indica que un lote o fracción de un lote es no conforme, se debe proceder de la siguiente forma:

a) se debe acotar el lote o fracción del lote no conforme.

b) se debe extraer una cantidad de testigos de hormigón igual o mayor que el doble del número de muestras indicada en el artículo 6.2.2.4.

c) la extracción y los ensayos de los testigos deben ser realizados bajo la supervisión de la Dirección de Obra.

d) los testigos deben ser extraídos en lugares que no afecten la estabilidad de la estructura, empleando un equipo que asegure la extracción de muestras no alteradas del hormigón de la estructura.

e) la extracción de los testigos, su preparación para el ensayo de resistencia y la corrección de los resultados por esbeltez, se deben realizar según la norma IRAM 1551. El ensayo a la compresión se realizará según la norma IRAM 1546. El encabezado se realizará según la norma IRAM 1553 o IRAM 1709.

C.6.4.2. Los coeficientes de corrección por esbeltez que se aplican para corregir los resultados de resistencia a la compresión y estimar la que tendría la probeta normalizada (esbeltez 2), surgen a partir de datos experimentales obtenidos por muchos autores sobre hormigones de uso corriente en las obras de hormigón. Los mismos pueden variar con el nivel de resistencia y el tamaño máximo del agregado empleado. Como ejemplo, en hormigones de alta resistencia, por encima de ***60 MPa***, donde los agregados suelen ser más pequeños y existe la posibilidad de fractura a través de los mismos, se han observado menores diferencias entre probetas de distinta esbeltez. De igual modo, las diferencias de resistencia para las mismas condiciones de ensayo son menores en un mortero que en un hormigón con un tamaño máximo intermedio y crecen si se ensaya un hormigón de baja resistencia con agregados de gran tamaño. El factor determinante de los cambios en la capacidad de carga con la esbeltez, es la fricción entre las cabezas de las probetas y los apoyos de la máquina de ensayo. A medida que aumenta la fricción mayor será la diferencia entre probetas de diferente esbeltez, elaboradas con un mismo hormigón. Por tal motivo, en el caso de emplear encabezados con placas de

Cuando el encabezado se realice con ***mortero de azufre o cemento***, se aplicarán los coeficientes de corrección de la norma IRAM 1551. Cuando el encabezado se realice con ***placas de elastómero***, se podrán utilizar los coeficientes de IRAM 1551. De lo contrario, se deberán determinar experimentalmente.

f) el diámetro de los testigos debe ***ser igual o mayor que tres (3) veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso***, y ***no menor de 7,5 cm***. La ***relación altura/diámetro debe ser en lo posible igual a 2 y nunca menor a 1.***

g) al analizar los resultados el evaluador deberá tener en cuenta los factores de corrección debidos al diámetro del testigo, la relación altura/diámetro, la humedad del testigo en el momento del ensayo, el daño provocado por la extracción del testigo y sus respectivos coeficientes de variación.

neopreno son de esperar menores diferencias que las tradicionales para encabezados con mortero de cemento o azufre, dada la mayor deformabilidad del elastómero. En experiencias locales sobre cilindros de esbeltez 1 y 2 encabezadas con elastómero, se observó una resistencia similar. Obviamente esto podría modificarse conforme las características del elastómero.

Para el ensayo de testigos este Reglamento indica aplicar los coeficientes por esbeltez de IRAM 1551, válidos para encabezados con morteros de cemento o azufre. Cuando los testigos se encabecen con placas de elastómero, la aplicación de dichos coeficientes está del lado de la seguridad, ya que pueden minorizar en exceso a la resistencia efectiva del hormigón.

Si se desea una mejor aproximación, cuando se encabece con placas de elastómero, el Reglamento admite la posibilidad de determinar experimentalmente los coeficientes de corrección por esbeltez. Ellos deben ser obtenidos en base a suficientes estudios previos sobre hormigones con nivel de resistencia y tamaños de agregados similares a los que se están evaluando.

6.4.3. Este Reglamento considera que el hormigón representado por los testigos extraídos y ensayados, de acuerdo con los artículos 6.4.1 y 6.4.2, posee la resistencia especificada si se cumplen las siguientes condiciones:

a) La resistencia individual de cada testigo es igual o mayor que:

$$f'_{ci} \geq 0{,}75\, f'_c \qquad \textbf{(6-10)}$$

b) La resistencia media de los testigos extraídos del elemento estructural o del sector de la estructura de hormigón que se analiza, es igual o mayor que ***0,85*** de la resistencia especificada.

$$f'_{cm} \geq 0{,}85\, f'_c \qquad \textbf{(6-11)}$$

6.5. ESTIMACION DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO EQUIVALENTE DE UNA ESTRUCTURA EN SERVICIO

C 6.5. ESTIMACION DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO EQUIVALENTE DE UNA ESTRUCTURA EN SERVICIO

6.5.1. Este artículo es de aplicación cuando sea necesario conocer la ***resistencia efectiva de una estructura en servicio o parte de ella***, a efectos de estimar la resistencia de diseño equivalente necesaria para la verificación analítica de la seguridad estructural.

En este caso se puede estimar la resistencia de diseño

equivalente a partir del ensayo de testigos extraídos de la estructura en servicio.

6.5.2. La ***estimación de la resistencia de diseño equivalente***, a partir de los resultados de ensayo de los testigos, deberá realizarse aplicando métodos estadísticos y siguiendo recomendaciones de instituciones reconocidas del ámbito internacional, como el American Concrete Institute, el CEN Comité Europeo de Normalización u otra institución de referencia.

C 6.5.2. El documento ACI 214.4R-10 ha desarrollado dos métodos para determinar la ***f'c equivalente***, que es de aplicación a la evaluación considerada en este artículo 6.5.

El CEN también tiene indicaciones en la Norma EN 13791.

También se puede consultar el código ACI-562-21: "Evaluación, Reparación y Rehabilitación de Estructuras de Hormigón Existentes"

6.5.3. Los testigos serán extraídos según se indica en el artículo 6.4.2. c) a f) inclusive.

La cantidad y lugar de extracción de los testigos será determinada por el Proyectista Estructural a cargo de la evaluación.

C 6.5.3. La cantidad de testigos deberá tener en cuenta la uniformidad del hormigón a evaluar y la sensibilidad de la estructura.

6.5.4. El evaluador deberá tener en cuenta los factores de corrección debidos al diámetro del testigo, la relación altura/diámetro, la humedad del testigo en el momento del ensayo, el daño provocado por la extracción del testigo y sus respectivos coeficientes de variación.

6.6. CONFORMIDAD DE LOS REQUISITOS DE DURABILIDAD

C 6.6. CONFORMIDAD DE LOS REQUISITOS DE DURABILIDAD

6.6.1. Requisitos generales

Este Reglamento considera que el ***hormigón colocado en una parte o en toda la estructura es conforme por durabilidad y verifica los requisitos establecidos en el artículo 2.2***, cuando:

- Los agregados cumplen con los requisitos de durabilidad establecidos en el Capítulo 3.
- Se utilizaron cementos con propiedades especiales y los mismos cumplen los requisitos de durabilidad correspondientes.
- El conjunto cemento-agregados no presenta expansiones perjudiciales de acuerdo con el artículo 2.2.16.
- El hormigón es conforme por resistencia de acuerdo con el artículo 6.2.
- El hormigón es conforme por razón agua/cemento de acuerdo con el artículo 6.6.2.

- El hormigón es conforme por su contenido de aire incorporado de acuerdo con el artículo 6.7.4.

- La mezcla de hormigón utilizada cumple con el requisito de succión capilar y/o de penetración de agua, según corresponda, de acuerdo con el artículo 2.2.15.

- El hormigón es conforme por su contenido de cloruros solubles en el agua de acuerdo con el artículo 2.2.8.

6.6.2. Criterios de conformidad para la razón agua/cemento

6.6.2.1. Cuando se exija una ***razón agua/cemento máxima****,* ella se debe verificar a partir de los pesos de los materiales empleados en la producción de los pastones. Los valores de las pesadas deben ser tomados de los registros de los equipos de pesada. En la determinación del contenido de agua, se debe considerar la humedad superficial, como diferencia de la humedad total (IRAM 1887) y la absorción de los agregados (IRAM 1520 e IRAM 1533). Esta última se debe determinar para un tiempo de inmersión de veinticuatro horas. En caso de ***agregados muy absorbentes*** (***mayor a 1,0 %)*** dicha determinación se debe realizar también para un tiempo de inmersión de ***60 minutos***. Cuando fuera de la planta se adicione agua ésta deberá ser tenida en cuenta para el cálculo de la relación a/c. La cantidad de agua a agregar debe ser parte del agua total correspondiente a la dosificación de la mezcla.

6.6.2.2. La verificación de la ***relación agua / cemento*** se realizará cuando existan dudas respecto a la composición del hormigón de acuerdo a las propiedades del hormigón en estado fresco, o cuando el Director de Obra lo considere necesario. A tal efecto el productor de hormigón debe entregar los registros de las pesadas y contenido de humedad de los agregados.

6.6.2.3. Un resultado de control de la razón agua/cemento se considera ***no conforme*** cuando la misma excede en ***0,02*** al valor especificado.

6.6.2.4. Cuando se verifica que la relación agua-cemento ***es no conforme***, se debe considerar que el pastón bajo control es ***no conforme*** respecto de la razón agua/cemento. Cuando esto suceda, se deberán interrumpir las tareas de hormigonado y se procederá a analizar las causas de este desvío, de forma tal de ajustar la mezcla convenientemente a fin de restituir el valor de la relación a/c al valor especificado en el proyecto.

C 6.6.2. Criterios de conformidad para la razón agua/cemento

C 6.6.2.1. La absorción de agua de un agregado se determina por la disminución de masa de una muestra en estado saturada a superficie seca, cuando es secada en estufa hasta peso constante. La saturación del agregado se alcanza mediante su inmersión total en agua durante 24 horas.

Sin embargo, en climas cálidos con humedad relativa baja, algunos agregados de mediana absorción no se encuentran en estado saturado a superficie seca, ni lo logran en el lapso que dura el mezclado y puesta en sitio del hormigón. Por tal motivo en esas situaciones se debe determinar la absorción del agregado a tiempos menores, habitualmente ***30 minutos o 1 hora***. Ese valor de absorción es el que se utiliza para corregir la mezcla.

6.7. CONFORMIDAD DE LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

C 6.7. CONFORMIDAD DE LAS PROPIEDADES DEL HORMIGON FRESCO

Este Reglamento no prescribe la realización de ensayos para verificar los contenidos de agua y de cemento en el hormigón fresco. Ello se debe a que se trata de ensayos cuyo tiempo de ejecución los hace difíciles de aplicar en el control de recepción del hormigón. No obstante, cuando razones específicas lo requieran, el Director de Obra podrá verificar dichos contenidos de agua y cemento utilizando los procedimientos establecidos en IRAM 1879.

6.7.1. Extracción de muestras de hormigón fresco

C 6.7.1. Extracción de muestras de hormigón fresco

Es deseable que el personal de obra asignado a la realización de ensayos al hormigón fresco en obra, así como a la preparación y el curado de probetas destinadas a ensayos de resistencia mecánica, sea realizada por técnicos certificados por un organismo independiente y de tercera parte, para demostrar su conocimiento, idoneidad, habilidad y capacidad técnica para la tarea. Al respecto, el American Concrete Institute (ACI), a través de su grupo de aplicación local en Argentina, facilita un Programa de Certificación de Técnicos de Ensayos al Hormigón en obra según normas IRAM que cumple satisfactoriamente las premisas de este requisito, a través de la evaluación de los candidatos mediante un examen de alcance teórico y práctico. Alternativamente, es posible optar por programas equivalentes que cumplan con los requisitos de la norma ASTM C1077.

6.7.1.1. ***Cada muestra de hormigón fresco*** se debe extraer de un pastón distinto elegido al azar, o de acuerdo con un plan de muestreo elaborado previamente a la iniciación de las operaciones de hormigonado.

6.7.1.2 ***Cada muestra*** se debe componer de al menos 2 porciones de hormigón obtenidos durante la descarga, según lo indicado en los artículos 6.7.1.4 y 6.7.1.5., que siendo combinadas entre sí permiten obtener una muestra compuesta homogenizada**.**

6.7.1.3. ***El volumen de la muestra***, una vez homogeneizada, debe ser como mínimo superior en un ***40 %*** al volumen necesario para realizar todos los ensayos de control previstos, incluyendo en ellos al moldeo de las probetas para ensayos de resistencia. El tiempo transcurrido entre la obtención de la primera y la última porción de una muestra compuesta debe ser el menor posible, debiendo, en todos los casos***, ser menor o igual a 15 minutos***.

Los ***ensayos de asentamiento y contenido de aire*** se deben iniciar dentro de los 5 minutos posteriores a la

obtención de la porción final de la muestra compuesta. El moldeo de probetas para ensayos de resistencia debe comenzar ***dentro de los 15 minutos posteriores a la obtención de la muestra compuesta***.

Durante el tiempo transcurrido entre la obtención y el uso de la muestra, el hormigón se debe proteger de las acciones climáticas.

6.7.1.4. Desde hormigoneras fijas y motohormigoneras, la muestra se debe extraer de la porción del pastón comprendido entre el ***15 % y el 85 % del volumen total***, en dos o más períodos regularmente espaciados durante la descarga de dicho volumen y dentro del límite de tiempo indicado en el artículo 6.7.1.3. Para efectuar la toma de muestras se debe interceptar la totalidad de la sección de la vena líquida con el recipiente en el punto de descarga de la hormigonera, o desviarla completamente dentro del recipiente de muestreo. Se debe proceder cuidadosamente para no restringir el flujo de hormigón, con el fin de evitar su segregación.

C 6.7.1.4. A los fines prácticas se puede tomar una muestra dentro del ***primer 0,25 m³ de la descarga*** exclusivamente para estimar la consistencia del hormigón del pastón. Esta muestra no se puede utilizar para evaluar el criterio de conformidad del pastón

Desde motohormigoneras, el hormigón se debe descargar a la velocidad normal de operación, sin obstruir o retrasar la descarga por una compuerta que no esté totalmente abierta. Quien suministra el hormigón en el punto de entrega convenido debe facilitar el proceso de toma de muestra, con excepción de proveer los elementos para la ejecución de los ensayos.

6.7.1.5. En los equipos de amasado continuo, la toma de muestras se debe realizar luego del ajuste de las proporciones de la mezcla y posteriormente a la descarga de, como mínimo, ***140 dm3 de hormigón***. Se deben tomar ***2 o más muestras individuales*** a intervalos de tiempo regularmente espaciados durante la descarga, excluyendo el hormigón del inicio y del final de la descarga del hormigón. Luego de la toma de muestras individuales, se debe aguardar entre dos a cinco minutos para comenzar los ensayos en estado fresco y, cuando corresponda, el moldeo de las probetas.

6.7.1.6. El ***plan de muestreo diario*** se debe establecer para cada clase de hormigón elaborado bajo las mismas condiciones y materiales componentes, de acuerdo con lo indicado en este Reglamento. El número de muestras a extraer debe ser función del volumen de hormigón a colocar y del tiempo previsto de hormigonado. El plan de muestreo mínimo a cumplimentar se indica en los artículos correspondientes al criterio de conformidad de cada propiedad en evaluación.

6.7.2. Metodología de control

6.7.2.1. La ***determinación y control de cada parámetro del hormigón fresco por medio de ensayos*** se debe efectuar como mínimo en las siguientes ocasiones:

- al comienzo del proceso de hormigonado de cada día, al menos en los cinco ***(5)*** primeros pastones consecutivos
- cuando hubiese transcurrido ***2 h*** de la última determinación
- cuando se efectúe la toma de muestras para moldear probetas de control de resistencia.
- luego de obtener un resultado de ensayo no conforme, al menos en los ***tres (3)*** pastones consecutivos siguientes.

6.7.2.2. Si efectuado el ensayo se obtiene un valor del parámetro de control dentro del intervalo establecido para ese parámetro en este Reglamento, según se indica en los artículos siguientes, se debe considerar que el ***pastón es conforme*** respecto al parámetro del hormigón fresco ensayado. Si el resultado obtenido se encuentra fuera del intervalo establecido se considerará que el resultado de ensayo de control es ***no conforme***.

6.7.2.3. Si se obtiene un resultado de ensayo de control ***no conforme*** se debe proceder a obtener otra muestra del mismo pastón y a repetir la determinación. Si en este segundo ensayo se obtiene un resultado nuevamente no conforme, se debe considerar que el pastón bajo control es ***no conforme*** respecto del parámetro del hormigón fresco ensayado. Si ese segundo resultado de ensayo está dentro del intervalo establecido para ese parámetro en este Reglamento, se considerará que el pastón es ***conforme*** respecto al parámetro del hormigón fresco ensayado y que cumple con la especificación que corresponde.

6.7.3. Criterios de conformidad para la consistencia del hormigón

6.7.3.1. Durante las ***operaciones de hormigonado*** se debe controlar visualmente la consistencia del hormigón fresco en todos los pastones, comparando el pastón bajo control con el aspecto normal del hormigón de la consistencia especificada.

6.7.3.2. La ***determinación y control de la consistencia del hormigón fresco*** por medio de ensayos se debe efectuar, como mínimo, de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.7.2.1; cuando exista duda en el control visual efectuado de acuerdo con el artículo 6.7.3.1 y cuando se

efectúe el control del contenido de aire, la temperatura de colocación y/o la determinación de la masa por unidad de volumen del hormigón fresco, indistintamente.

6.7.3.3. Se debe considerar que un resultado de ensayo de consistencia es ***no conforme*** cuando el resultado obtenido no cumpla con lo especificado en el artículo 4.1.1.

6.7.3.4. Los ***pastones no conformes*** por su consistencia serán rechazados.

6.7.4. Criterios de conformidad para el contenido de aire en el hormigón

6.7.4.1. Cuando se especifique la incorporación de aire en forma intencional, la ***determinación y control del contenido de aire en el hormigón fresco*** por medio de ensayos se debe efectuar como mínimo, de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.7.2.1.

6.7.4.2. El ensayo para la determinación del contenido de aire total del hormigón fresco se debe realizar ***inmediatamente antes de ser colocado en los encofrados***, luego de efectuado su transporte al sitio.

6.7.4.3. Un ***resultado de ensayo del contenido de aire incorporado se debe considerar como no conforme*** cuando el resultado obtenido esté por fuera de los límites establecidos en la ***Tabla 4.3.***

6.7.4.4. Los ***pastones con resultados no conformes en el contenido de aire***, luego de efectuar el proceso indicado en el artículo 6.7.2.3, deben ser rechazados.

6.7.5. Criterios de conformidad para la temperatura del hormigón fresco

6.7.5.1. La temperatura del hormigón fresco se debe controlar en el momento de verterlo en los encofrados, y cuando se cumplan las condiciones establecidas en este Reglamento para tiempo frío o caluroso, de acuerdo con los artículos 5.1 y 5.2 respectivamente, o cuando se hubiere especificado una temperatura de colocación por características particulares en la estructura.

6.7.5.2. La determinación de la ***temperatura del hormigón fresco*** se debe efectuar como mínimo de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.7.2.1.

6.7.5.3. Un ***resultado de ensayo de temperatura del hormigón fresco se debe considerar como no conforme*** cuando el valor obtenido esté por fuera de los límites establecidos en el artículo 5.1.2 para el hormigonado en tiempo frío; en el artículo 5.2.2, para el hormigonado en tiempo caluroso; o en la documentación

del Proyecto según corresponda.

6.7.5.4. Los ***pastones*** con resultados ***no conformes*** por su temperatura de colocación, luego de efectuar el proceso indicado en el artículo 6.7.2.3, deben ser rechazados.

6.7.6. Criterios de conformidad para la masa de la unidad de volumen del hormigón fresco

6.7.6.1. Cuando se haya especificado la ***masa por unidad de volumen del hormigón fresco***, por características particulares en la estructura o como medio de control para apreciar variaciones en el contenido unitario de cemento y en la uniformidad de la composición del hormigón, se debe verificar su valor mediante el ensayo establecido en IRAM 1562.

6.7.6.2. La determinación de la ***masa por unidad de volumen del hormigón fresco*** se debe efectuar como mínimo de acuerdo con lo indicado en el artículo 6.7.2.1.

6.7.6.3. Un ***resultado de ensayo de masa por unidad de volumen del hormigón fresco se considera como no conforme*** cuando el resultado obtenido difiera en más o en menos un dos por ciento (***2 %***) de la masa unitaria teórica de la mezcla propuesta.

6.7.6.4. Los ***pastones con resultados no conformes en la masa por unidad de volumen del hormigón fresco***, luego de efectuar el proceso indicado en el artículo 6.7.2.3, deben ser rechazados.

6.7.7. Criterios de conformidad para el contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm

6.7.7.1. Cuando esté especificado el ***contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm***, se lo debe verificar a partir de los pesos de los materiales empleados en la producción de los pastones. Los valores de las pesadas deben ser tomados de los registros de los equipos de pesada.

6.7.7.2. La verificación ***del contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm***, se realizará cuando existan dudas respecto a la composición del hormigón de acuerdo a las propiedades del hormigón en estado fresco, o cuando el Director de Obra lo considere necesario. A tal efecto el productor de hormigón debe entregar los registros de las pesadas y contenido de humedad de los agregados.

6.7.7.3. La verificación del ***contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm*** se considera como no conforme, cuando el mismo es menor

que el valor especificado en la ***Tabla 4.4.***

6.7.7.4. Cuando se verifica que el ***contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 µm*** es ***no conforme***, se debe considerar que el pastón bajo control es ***no conforme*** respecto del contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM ***300 µm***. Cuando esto suceda, se procederá a analizar las causas de este desvío, de forma tal de ajustar la mezcla convenientemente a fin de restituir el valor del contenido de material pulverulento al valor especificado en el proyecto.

6.7.8. Criterio de conformidad para el requisito de exudación del hormigón

6.7.8.1. Cuando el hormigón debe cumplir con los requisitos de ***exudación*** de acuerdo con el artículo 4.1.4, se debe verificar su valor mediante el ensayo establecido en IRAM 1604.

6.7.8.2. La determinación de la ***capacidad y velocidad de exudación*** se debe efectuar como mínimo en las siguientes ocasiones:

- cuando se utilice una mezcla por primera vez en obra.
- cuando se cambie alguno de los componentes de la mezcla.
- cuando visualmente se detecte exudación excesiva en la mezcla.

6.7.8.3. La exudación se considera como ***no conforme*** cuando la capacidad y/o la velocidad de exudación sean mayores que los valores especificados.

6.7.8.4. Obtenido un resultado de ensayo de control no conforme se considera que la mezcla es no conforme respecto de la exudación. Cuando esto suceda, se deberán interrumpir las tareas de hormigonado y se procederá a analizar las causas de este desvío, de forma tal de ajustar la mezcla convenientemente a fin de restituir el valor de la exudación del hormigón al valor especificado en el proyecto.

6.7.9. Criterios de conformidad para otras propiedades del hormigón exigidas en los Documentos del Proyecto

Cuando los ***Documentos del Proyecto*** exijan que el hormigón posea otras propiedades, además de las indicadas taxativamente en este Reglamento, en los ***Documentos del Proyecto*** se deben establecer también los correspondientes criterios de conformidad, así como su método de verificación.

ANEXO AL CAPÍTULO 6

GUIA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA UNA PLANTA ELABORADORA DE HORMIGÓN

ANEXO AL CAPITULO 6. GUIA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA UNA PLANTA ELABORADORA DE HORMIGÓN

PRIMERA PARTE. INTRODUCCIÓN, TÉRMINOS, DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES

A 6.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento, en su ***Capítulo 6***, permite ***dos Modos de producción de hormigón con sus correspondientes criterios y control de conformidad*** los que deben ser aplicados en función de diferentes modos de producción del hormigón y su control.

Para operar en el ***Modo 1***, cuando la planta está instalada fuera del recinto físico de la obra, se requiere que la misma posea un sistema de gestión de calidad según ***ISO 9001***, certificado por un organismo acreditado por el ***OAA (Organismo Argentino de Acreditación)***.

Este Anexo tiene por finalidad proporcionar una guía de lineamientos básicos para desarrollar, implementar y certificar un sistema de gestión de la calidad para aquella ***Planta Elaboradora de Hormigón, que aún no haya podido acceder a un sistema de gestión de la calidad según ISO 9001:2015,*** a los fines requeridos por este ***Reglamento***.

Este Anexo debe ser cumplido por cualquier Planta que produzca hormigones de acuerdo con el artículo 6.2.3 "Criterios de conformidad para el Modo 1 de Control" de este Reglamento.

C A 6.1. CAMPO DE VALIDEZ

Para la redacción del ***sistema de gestión de la calidad son de aplicación los términos y definiciones*** establecidos en el ***Capítulo 3 de la Norma Argentina IRAM – ISO 9000:2015*** "Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario".

Este ANEXO no es un documento específico de producción y recepción, sino un documento para desarrollar un sistema de la calidad propio de la Planta.

La recepción del hormigón se hace siempre en base a ensayos normalizados de probetas moldeadas con muestras extraídas en obra bajo la responsabilidad del Director de Obra. El cumplimiento de este Anexo tiene efecto sobre el criterio a aplicar para establecer la conformidad del hormigón verificado con los ensayos mencionados precedentemente.

A 6.2. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC)

A 6.2.1. Conceptos generales

Cada Planta Elaboradora ***debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad basado en sus propios procesos***, respetando las siguientes premisas fundamentales:

- ***Desarrollar una conciencia de la calidad dentro de la Planta***, que involucre a todos sus niveles y sectores.
- ***Establecer y mantener un sistema de la calidad*** como un medio de asegurar que los hormigones a elaborar cumplen con los requisitos especificados.

C A 6.2. SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD

C A 6.2.1. Conceptos generales

Este Anexo adopta el sistema de gestión de la calidad basado en procesos, entendiendo como tal a cualquier actividad o conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

En este enfoque, para que cada Planta opere de manera eficaz y cumpla con los requisitos establecidos, tiene que identificar y gestionar todos sus procesos interrelacionados y que interactúan.

- ***Definir objetivos e información documentada necesaria para obtener la calidad*** y el compromiso de todos los involucrados en la actividad de la Planta para lograr esos objetivos.

- ***Identificar todos los procesos*** que son necesarios para implementar un sistema de la calidad basado en los requisitos establecidos en este Anexo y ***determinar la secuencia y cómo interactúan entre sí los procesos identificados***.

- ***Definir las autoridades*** que están a cargo de cada sector de la Planta y ***las responsabilidades*** que le competen a cada una de ellas.

- ***Definir las relaciones entre el personal que dirige, realiza y verifica*** cualquiera de las tareas que inciden en la calidad.

- ***Asegurar los recursos humanos, las instalaciones, el equipamiento de producción y de control y la realización de las mediciones y los ensayos***, esenciales para alcanzar los objetivos de la calidad.

Los términos y definiciones que competen al desarrollo de este Anexo se incluyen en el artículo A 6.14.1.

A 6.2.2. El sistema de gestión de la calidad

Cada Planta Elaboradora debe ***desarrollar y operar un sistema de gestión de la calidad*** que abarque, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Dirección (ver el artículo A 6.3.).

- Recursos humanos, económicos, instalaciones y equipos afectados a las actividades de la calidad (ver el artículo A 6.4).

- Documentación (ver el artículo A 6.5).

- Compras (ver el artículo A 6.6).

- Recepción, acopio y manejo de acopios de materiales para elaborar hormigón (ver el artículo A 6.7).

- Diseño (ver el artículo A 6.8).

- Proceso. Incluye elaboración, transporte y entrega del hormigón (ver el artículo A.6.9).

- Medición y control del proceso. Incluye control de materiales, acopios, medición, mezclado, transporte, entrega y ensayos (ver el artículo A 6.10).

- Registros (ver el artículo A 6.11).

- Auditorías internas y externas (ver el artículo A 6.12).

- ***Certificación del sistema de la calidad*** (ver el artículo A 6.13).

A 6.2.3. Información documentada

La organización debe mantener información documentada para apoyar sus procesos y conservarla para constatar que los procesos se realizan según lo planificado.

Debe incluir la información documentada requerida por ***ISO 9001:2015*** y toda aquella que la organización determine como necesaria para la eficacia de su sistema de gestión de calidad.

La Planta debe establecer y mantener información documentada sobre:

a) La política de la calidad de la Planta

b) El alcance del sistema de Gestión de calidad

c) La Planificación y control operacional para cada Planta, en la cual conste:

   c1) Para cada operación, el alcance y los procedimientos documentados establecidos para su ejecución.

   c2) La interacción entre las distintas actividades y operaciones.

SEGUNDA PARTE. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (SGC)

A 6.3. DIRECCIÓN

A 6.3.1. La Planta Elaboradora debe:

a) ***Asegurar la política, los objetivos y la planificación de la calidad*** de cada Planta de Hormigón.

b) ***Designar a un Responsable del SGC***, quien con independencia de otras responsabilidades, tendrá la responsabilidad y la autoridad para desarrollar, implementar, supervisar, mantener y mejorar el sistema de gestión de la calidad.

c) ***Asegurar que la producción del hormigón y el servicio*** de transporte y entrega se realice en un todo de acuerdo con su propio sistema de gestión de la calidad, y con lo establecido en este Anexo al Reglamento.

d) ***Asegurar la provisión de la infraestructura y los recursos humanos y materiales*** necesarios para la producción, transporte y entrega del hormigón en las condiciones mencionadas precedentemente.

A 6.3.2. La Dirección, a través del responsable del SGC debe:

a) Proporcionar los ***recursos humanos y su capacitación, la infraestructura y el equipamiento*** necesario y las condiciones de higiene y ***seguridad laboral***.

b) Realizar el ***seguimiento, la medición y la evaluación de los procesos*** que intervienen en la producción del hormigón, desde la compra de los insumos hasta la entrega del hormigón y el servicio postventa, como así también el análisis de la información obtenida en dichas actividades.

c) Establecer métodos para ***evaluar a los subcontratistas de servicios y a los proveedores de materiales***, en lo que respecta a su capacidad de suministrar productos que cumplan con todos los requisitos de las especificaciones y documentos de compra.

d) Comprometerse a ***inducir a los subcontratistas de servicios y a los proveedores de materiales para que implementen un sistema formal de la calidad***, de acuerdo con las directivas que imparta cada

C A 6.3. DIRECCION

En el artículo A 6.14.2. se presenta un Diagrama de Flujo de un Sistema de Gestión de la Calidad

Planta.

e) Asegurar que se ***controlen los procesos identificados*** que la Planta opte por contratar externamente, y que afecten a la conformidad del hormigón requerida por este Reglamento.

f) Asegurar que se realicen ***mejoras continuas tanto en los procesos y en las actividades como en las distintas clases de hormigones que se elaboren y entreguen***.

A 6.4. RECURSOS HUMANOS, ECONÓMICOS, INSTALACIONES Y EQUIPOS AFECTADOS A LAS ACTIVIDADES DE LA CALIDAD

Este artículo es de aplicación a la ***provisión de los recursos humanos, económicos, instalaciones y equipos*** afectados a las actividades de la calidad.

La Planta debe:

a) ***Formar y capacitar a todo el personal de la Planta*** involucrado en actividades que afecten a la calidad de los hormigones y a los que son requeridos por la Planta de acuerdo con lo establecido en el ***artículo A 6.10 - Medición y Control de Proceso***, de este Anexo.

b) ***Proveer la infraestructura y el equipamiento*** necesario para elaborar los distintos ***"tipos"*** de hormigones, en un todo de acuerdo con los requisitos de conformidad establecidos en este Reglamento. Los mismos deben ser los necesarios para cumplir con lo establecido por la propia Planta para satisfacer los requerimientos de este Capítulo.

A 6.4.1. Capacitación

A 6.4.1.1. La Dirección de la Organización debe:

a) ***Identificar las necesidades de capacitación*** del personal afectado a la Planta.

b) ***Capacitar en forma periódica*** a su personal directivo o ejecutivo, técnico y encargados de áreas y operadores de procesos, en ***todos los temas que puedan afectar la calidad*** de los distintos ***"tipos"*** de hormigones que comercializa la Planta.

c) ***Capacitar a su personal en forma obligatoria*** cuando:

- Ingrese a la organización.
- Se incorporen nuevos procesos a la Planta.

- Se incorporen nuevas metodologías para la producción de hormigón.

- El personal de la Planta lo solicite o evidencie desconocimiento parcial o total o dudas sobre las actividades que tiene a su cargo y/o los fundamentos de las mismas.

A 6.4.1.2. ***Los procedimientos*** utilizados en esta actividad deben constar en los ***documentos escritos elaborados por la Planta Elaboradora***. Se debe mantener registro de las capacitaciones brindadas, donde se especifiquen los temas, la cantidad de horas y la eficacia de las mismas en los distintos niveles, a saber:

- Personal ejecutivo o directivo.

- Personal técnico.

- Encargados de áreas y operadores de procesos.

A 6.4.1.3. Los procedimientos deben establecer la ***frecuencia mínima*** con que se realizará la capacitación periódica establecida en el artículo A 6.4.1.1.b).

A 6.4.2. Instalaciones y equipos afectados a las actividades de la calidad

La Planta Elaboradora debe:

a) ***Proporcionar la infraestructura y el equipamiento*** necesario y suficiente para elaborar los distintos ***"tipos"*** de hormigones que comercializa la Planta, en un todo de acuerdo con los requisitos de conformidad establecidos en este Reglamento y por la propia Planta Elaboradora.

b) ***Determinar y proporcionar nuevos equipos o adecuar los ya existentes***, cuando en la Planta se incorporen nuevos procesos o metodologías para la producción de hormigón.

c) Asegurar el ***mantenimiento permanente de la infraestructura y de todos los equipos de producción*** que puedan afectar la calidad de los distintos ***"tipos"*** de hormigones que comercializa la Planta, aplicando lo establecido en el artículo A 6.10.

A 6.4.3. Laboratorio de ensayos

La Planta debe:

a) Tener las ***instalaciones y el equipamiento necesario y suficiente para realizar las mediciones y ensayos*** requeridos en el ***artículo A 6.10 – Medi-***

ción y Control de Proceso de este Capítulo y los exigidos por este Reglamento.

b) ***Determinar y proporcionar nuevos equipos de ensayos*** que puedan ser necesarios para el control de producción, cuando en la Planta se incorporen ***nuevos procesos o metodologías*** para la producción de hormigón.

c) Asegurar el ***mantenimiento permanente de todos los equipos para ensayos***, aplicando lo establecido en el artículo A 6.10.

A 6.5. DOCUMENTACIÓN

Este artículo es de aplicación a ***todos los documentos que integran el Sistema de Gestión de la Calidad*** de la Planta Elaboradora de Hormigón, y a ***todos los documentos que se generen*** en la aplicación del mismo.

A 6.5.1. Documentación del sistema de calidad

Los documentos pueden ser elaborados en ***cualquier formato y tipo de medio***. Elegido el formato, se debe mantener el mismo para todos los documentos del sistema de calidad. Cuando el medio de soporte de la información sea ***papel, se adoptará el tamaño A4***, establecido por ***IRAM 3001-1-86***.

En cada una de las hojas de cada documento se debe imprimir el ***logotipo de la Planta***, a la que pertenece el sistema de calidad.

Todos los documentos deben contener el ***número de cada hoja y la cantidad total de hojas*** que lo integran.

A 6.5.2. Identificación de cada documento del sistema de calidad

Cada documento debe ser identificado fehacientemente, incluyendo como ***mínimo***:

- Tema específico que trata.
- Número identificatorio.
- Versión o revisión.
- Responsable de elaboración, revisión y aprobación.
- Fecha de vigencia.

C A 6.5. DOCUMENTACION

C A 6.5. El propósito de este artículo es establecer las ***normas para la elaboración, aprobación, identificación, registro, implementación, conservación, actualización y archivo*** de la documentación del sistema de calidad de cada Planta.

A 6.5.3. Contenido mínimo de cada documento

El cuerpo de cada documento debe contener como mínimo los siguientes tópicos:

- Propósito: descripción sintética del propósito específico del documento.

- Definiciones y Abreviaturas: se puede hacer referencia a un documento específico de definiciones, y de ser necesario agregar en este documento las definiciones particulares o abreviaturas que se usan en el documento.

- Alcance: se debe especificar a qué áreas o lugares de trabajo es aplicable el documento.

- Atribuciones y Responsabilidades: detallar en forma resumida las atribuciones y responsabilidades del personal involucrado en este procedimiento, para cada una de las áreas o lugares de trabajo especificados en "Alcance".

- Desarrollo: detallar en forma resumida las tareas que le corresponden a cada persona involucrada en este procedimiento, para cada una de las áreas o lugares de trabajo especificados en "Alcance".

- Distribución: para cada una de las áreas o lugares de trabajo especificados en "Alcance", indicar a que persona se le debe hacer llegar el documento.

- Referencias: enumerar los documentos con los que se relaciona este documento.

- Capítulos: sí corresponde, detallar los Capítulos que contiene el documento.

- Registros: sí corresponde, detallar las planillas o documentos en los cuales se debe registrar la información que surja del documento.

- Anexos: cuando sea necesario.

A 6.5.4. Aprobación

La Dirección definirá la persona responsable de ***aprobar*** los documentos. Para la emisión de un nuevo documento o la actualización de uno ya implementado, se deberá informar al responsable del SGC quien deberá realizar una revisión para comprobar que los documentos cumplen con los requisitos establecidos en este Reglamento y en el presente capítulo.

El Responsable de la aprobación de documentos firmará y aclarará su firma al final de cada documento original.

A 6.5.5. Distribución

Se debe garantizar la ***distribución de la última revisión*** de todos los documentos del sistema de la calidad a las áreas en que sean de aplicación. Esta exigencia es válida para los ***documentos de origen interno y externo*** a la Planta.

A 6.5.6. Implementación

Previamente a la puesta en marcha del sistema de calidad, se debe ***implementar cada documento en el área específica a la que es aplicable y en las áreas que interactúan con ella***. Esta tarea permitirá ajustar el documento a las reales necesidades de cada Planta y asegurar que sea entendible y aplicable por el personal involucrado.

A 6.5.7. Revisión y actualización

Periódicamente se deben ***revisar y actualizar los documentos y aprobarlos nuevamente***. Estas operaciones se realizarán de acuerdo con lo definido por la organización.

A 6.5.8. Conservación y archivo

Todos los documentos que integran el sistema de la calidad de cada Planta deben ser ***conservados y archivados***, en condiciones tales que:

a) Permanezcan legibles y fácilmente identificables.

b) Se identifiquen de forma inequívoca los cambios efectuados.

c) Se identifique el estado de revisión actual.

A 6.5.9. Versiones

En ***todas las áreas o lugares de trabajo*** involucrados en la calidad se debe asegurar que:

a) Se encuentren ***disponibles las últimas versiones*** emitidas y que se hayan ***retirado de uso las versiones anteriores***.

b) Se ***identifique fehacientemente a todos los documentos obsoletos*** que se deban mantener por una razón de fuerza mayor, para evitar su uso no intencionado.

A 6.5.10. Documentos generados por la aplicación del Sistema de Gestión de la Calidad

Los documentos generados a partir de la aplicación del sistema de gestión de calidad, como planillas, registros de control de procesos, de medición y ensayos y documentos que acrediten el cumplimiento de los procedimientos, deben identificarse y conservarse.

El ***período mínimo de tiempo*** durante el cual se mantendrán disponibles, será establecido de acuerdo con la información que contengan y quedará a criterio de cada planta. ***Se utilizarán para la trazabilidad del hormigón y para las auditorías establecidas en el artículo A 6.12. Podrán ser solicitados por los Directores de Obra que operen según el Modo 1 de este Reglamento***.

A 6.6. PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS SUMINISTRADOS EXTERNAMENTE

Este artículo es de aplicación a las actividades de ***evaluación y selección de los proveedores y a las compras o provisión por parte de terceros de insumos para el hormigón y para los equipos de producción, transporte y control***, que realice cada Planta Elaboradora de Hormigón.

Sus propósitos principales son:

a) ***Seleccionar los proveedores*** en función de su capacidad para cumplir con los requisitos de la subcontratación efectuada, incluidos aquellos atinentes a la calidad.

b) Garantizar que todos los ***insumos***, adquiridos y utilizados en la elaboración de los hormigones que comercializa la Planta, ***cumplan con los requisitos especificados por este Reglamento y por la propia Planta***.

c) La Planta Elaboradora debe asegurar esta condición aun cuando el proveedor tenga su propio sistema de calidad o cuando el cliente suministre insumos a incorporar en la Planta.

d) Cuando por convenio previo los insumos o la dosificación sean establecidos por el cliente, no será responsabilidad de la Planta garantizar las propiedades del hormigón resultante.

C A 6.6. PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS SUMINISTRADOS EXTERNAMENTE

Ver el artículo A 6.14.7.4.

A 6.6.1. Responsables

A 6.6.1.1. *Designar un responsable para*

a) Realizar la ***evaluación y selección de los proveedores y las compras*** de las áreas de:

- Insumos para el hormigón.
- Equipos de producción, transporte y control.

b) Establecer y mantener actualizado un ***registro de cada proveedor***, tarea que estará a cargo de los responsables de cada área.

c) Redactar las ***especificaciones técnicas*** correspondientes a cada insumo a comprar, tarea que estará a cargo de los responsables de cada área.

d) Redactar y/o revisar las ***cláusulas de compras*** de orden legal y contable.

A 6.6.1.2. *Designar un responsable*

a) Que se encargue de ***aprobar la selección final y que revise, controle y extienda la autorización final para la compra de los insumos***, quién debe tener la idoneidad necesaria para reconocer o evaluar las especificaciones y asegurar que se incluyeron las cláusulas sobre calidad de los insumos.

b) Para la ***recepción y el control de los insumos*** adquiridos para cada área.

A 6.6.2. Evaluación y selección de los proveedores que cuentan con un sistema de la calidad certificado

Cada Planta deberá asegurarse de que un proveedor que ***cuenta con su propio sistema de calidad certificado***, puede cumplir con las especificaciones de los insumos o servicio que se le adquiere.

Las ***pruebas mínimas exigibles*** por este Capítulo son:

a) Solicitar al proveedor la ***documentación que demuestre que tiene un sistema de calidad establecido, documentado, implementado, mantenido*** y certificado.

b) Solicitar al proveedor los ***registros que demuestren que realiza ensayos*** sobre sus productos para verificar el cumplimiento de las especificaciones.

c) Analizar la ***actuación del proveedor en plaza*** en cuanto a plazo de entrega y calidad del producto.

d) Solicitar los ***informes de la auditoría externa del proveedor o realizar la auditoría al proveedor***. En cualquiera de los casos, la Planta **puede** corroborar la eficacia del sistema de calidad del proveedor, y si corresponde, solicitarle muestras de los productos que comercializa para someterlos a ensayos de control.

A 6.6.3. Evaluación y selección de los proveedores que no cuentan con un sistema de la calidad certificado

Cada Planta debe contar con pruebas confiables que demuestren que un proveedor, ***que no cuenta con un sistema de gestión de calidad certificado***, está en condiciones de cumplir con las especificaciones del producto o servicio que se le adquiere.

Las pruebas mínimas exigibles por este Anexo son:

a) Solicitar al proveedor ***resultados documentados de pruebas de sus productos*** para verificar el cumplimiento de las especificaciones. Si el proveedor no posee esta información, la Planta debe solicitarle ***muestras de los productos que comercializa y someterlos a ensayos de control***.

b) Analizar la ***actuación del proveedor en plaza*** en cuanto a plazo de entrega y la calidad del producto.

c) Realizar ***informes documentados de las evaluaciones efectuadas a las instalaciones del proveedor*** que permitan determinar fehacientemente su capacidad para cumplir con las especificaciones del producto o servicio que ofrece.

A 6.6.4. Órdenes de Compra

a) Deben ser redactadas en forma clara.

b) Deben incluir los siguientes datos:

- Número de la Orden de Compra.
- Descripción clara del o de los insumos que se compren, con una identificación precisa de los mismos y la especificación técnica redactada por el área que corresponda.
- Modelo, número de serie y tipo del insumo a adquirir o cualquier otro dato técnico necesario para individualizar al mismo, en caso de ser necesario, para la adquisición de elementos electromecánicos.

C A 6.6.4. Órdenes de Compra

La Órdenes de Compra, además de los datos obligatorios indicados en el artículo A 6.6.4.b), pueden incluir datos optativos como:

- Número, nombre y edición de las normas ***IRAM*** a cumplimentar por cada insumo.
- Si la recepción se realizará en las instalaciones del proveedor o en la Planta.
- Ensayos a realizar para su recepción.

Cláusulas de compras de orden legal y contable.

- Certificado de la calidad emitido por el proveedor, en caso que corresponda.

- Plazo de entrega.

c) Una vez completada la documentación de la Orden de Compra, ***antes de su liberación, debe ser aprobada por el responsable designado en el artículo A 6.6.1.2***.

A 6.6.5. Recepción de los insumos

a) La ***recepción de los insumos*** adquiridos debe ser realizada por los ***responsables designados según el artículo A 6.6.1.2***.

b) Se debe verificar si los mismos ***son conformes o no conformes*** con las especificaciones establecidas en la correspondiente Orden de Compra, y los pasos a seguir en cada caso.

c) Se deben establecer ***registros claros que permitan la identificación y la trazabilidad*** de cada insumo adquirido.

A 6.6.6. Insumos o bienes de propiedad del cliente entregados en Planta

Para todos los ***insumos o bienes de propiedad del cliente***, provistos para formar parte del hormigón o para su elaboración o transporte, cada Planta debe establecer ***procedimientos escritos*** que permitan:

a) Su ***identificación*** al ingresar a la Planta.

b) Su ***verificación*** cuando corresponda, registro, almacenamiento y conservación.

c) Su ***ensayo y/o inspección***, a realizar en Planta.

d) Comunicar al cliente su eventual pérdida o deterioro.

A 6.7. RECEPCIÓN, ACOPIO Y MANEJO DE ACOPIOS DE MATERIALES PARA ELABORAR HORMIGÓN

Este artículo es de aplicación en cada Planta de Elaboración de Hormigón a las actividades de ***recepción, acopio y manejo de acopios de materiales para elaborar hormigón***.

Estos procesos se deben realizar de acuerdo tanto con lo ***especificado por este Reglamento como con la modalidad propia de cada Planta***. Con el fin de asegurar que durante su ejecución no se modifiquen las

características de los materiales componentes del hormigón ni se afecten las propiedades del mismo.

Los procedimientos utilizados en estos procesos deben constar en los ***documentos escritos elaborados por cada Planta***.

A 6.7.1. Recepción de materiales componentes del hormigón

Se debe controlar que los materiales **conformes** que ingresan a la Planta mantengan sus ***características originales***.

Consecuentemente, se deben elaborar procedimientos escritos para:

a) La ***recepción de las distintas partidas***, con los ensayos de aceptación y las acciones a seguir, según que el ***proveedor tenga o no un sistema de la calidad acreditado***.

b) Asegurar que las distintas partidas recibidas sean ***conformes*** con los requisitos especificados por este Reglamento y por la propia Planta.

c) Fijar los límites y criterios para el reprocesamiento y reclasificación de aquellas ***partidas no conformes***, estableciéndose los procedimientos para su utilización de forma tal que se cumpla con lo requerido por este Reglamento.

d) Definir los procedimientos a implementar para lograr la identificación y trazabilidad de las partidas.

Cuando se reciban materiales **no conformes** y ellos sean reprocesados de acuerdo con el artículo A 6.7.1.c) se debe controlar que mantengan las propiedades del material reprocesado hasta su utilización.

A 6.7.2. Acopio de materiales componentes del hormigón

Se debe controlar que en los ***acopios de planta y en las tolvas de la Planta***, se mantengan las características originales de todos los materiales ingresados a la Planta.

Consecuentemente, se deben establecer procedimientos escritos para asegurar:

a) El ***suministro de agua de mezclado*** en cantidad y oportunidad, y su protección del medio ambiente.

b) La ***identificación de los diferentes tipos y marcas de cemento*** en silos metálicos que cumplan con las exigencias establecidas en este Reglamento.

c) La ***utilización de los distintos tipos y marcas de cemento*** en el orden cronológico de su ingreso a la Planta.

d) La ***identificación y el acopio por separado de los distintos tipos y fracciones de agregados***, evitando su mezcla.

e) La ***identificación de los aditivos de cada marca, tipo y procedencia***, recibidos tanto en envases originales de fábrica como a granel, y su ***protección de las temperaturas extremas*** indicadas por su fabricante.

A 6.7.3. Manipulación de materiales componentes del hormigón

Se deben utilizar ***métodos operativos y equipos*** que garanticen la constancia de las características de los materiales componentes del hormigón, evitando su ***segregación, contaminación o deterioro y garantizando un abastecimiento continuo de los mismos***. Consecuentemente, se deben establecer ***procedimientos escritos*** para asegurar el manipuleo y transporte de:

a) El agua ***para el mezclado*** del hormigón, desde su acopio hasta la mezcladora o la motohormigonera.

b) Los ***distintos tipos de cemento*** a los silos de acopio y desde estos hasta la tolva de pesado de la planta.

c) Los ***distintos tipos y fracciones de agregados*** desde sus acopios hasta las tolvas de acopio de la planta, y desde ellas hasta la mezcladora o la motohormigonera.

d) Cada ***tipo y fracción de los agregados*** a usar para cada ***"tipo"*** de hormigón a elaborar, en función de la cantidad de tolvas de acopio que posee cada planta mezcladora o dosificadora.

e) Los ***distintos tipos de aditivos*** desde su acopio hasta la mezcladora o la motohormigonera.

f) El ***tipo y dosis de aditivo superfluidificante***. Cuando su incorporación se realiza inmediatamente antes de la descarga del hormigón en obra, se debe agregar un procedimiento específico para ello.

A 6.8. DISEÑO

Este artículo es de aplicación al ***diseño de los distintos "tipos" de hormigones que comercializa cada Planta***.

Los diseños se deben realizar respetando las premisas básicas establecidas en el Capítulo 6 de este ***Reglamento y los criterios adoptados por cada Planta y establecidos en su sistema de gestión de la Calidad***.

Cada Empresa Elaboradora de Hormigón establecerá la definición de ***"Tipo de Hormigón", los criterios de diseño y el conjunto de variables a incluir en casos particulares***.

La organización debe planificar el diseño y desarrollo, determinando las entradas, los controles, las salidas y los posibles cambios que sean necesarios implementar.

a) Datos de entrada para el diseño y desarrollo

Se consideran los requisitos funcionales y de desempeño, la información proveniente de desarrollos similares, los requisitos reglamentarios, las normas aplicables y los procedimientos definidos por la organización.
Esta información deberá mantenerse documentada.

b) Controles del diseño y desarrollo

Se deben aplicar los controles necesarios para asegurar que están definidos los resultados a lograr, las revisiones, las actividades de verificación y validación para evaluar la capacidad para cumplir con los requisitos, y tomar acciones en caso de ser necesario, dejando documentada todas las actividades realizadas.

c) Salidas del diseño y desarrollo

Se debe asegurar que se cumplen los requerimientos, que son adecuados para las actividades de provisión e incluyen los criterios de aceptación. También debe conservarse información documentada sobre estas actividades.

d) Cambios del diseño y desarrollo

Se debe conservar información sobre los cambios realizados, los resultados de las revisiones, la autorización de los cambios y las acciones tomadas para prevenir impactos adversos.

A 6.9. PRODUCCIÓN Y PROVISIÓN DEL SERVICIO

Este artículo es de aplicación a las actividades de ***dosificación de los materiales componentes, su carga en la mezcladora o la motohormigonera y el mezclado, el transporte y la entrega de cada "tipo" de hormigón*** que fabrica cada Planta.

Estos procesos se deben realizar de acuerdo con lo ***especificado por este Reglamento y con lo establecido por cada Planta*** y deben asegurar que durante su ejecución no se modifiquen las características y las propiedades del hormigón.

Los procedimientos utilizados en estos procesos deben constar en ***documentos escritos elaborados para cada Planta***.

Los procedimientos de ***Transporte y entrega del hormigón en obra*** se deben establecer de acuerdo con este Reglamento con el fin de:

a) Garantizar que durante el ***transporte del hormigón a obra*** no se modifican las características y propiedades del hormigón, como así tampoco el volumen de la carga.

b) Cumplimentar los ***tiempos máximos establecidos por este Reglamento*** para completar el transporte del hormigón, incluyendo la espera en obra y su descarga. Se deben precisar las condiciones para el hormigón elaborado ***sin o con aditivo retardador del tiempo de fraguado***.

c) Asegurar la ***uniformidad y homogeneidad del hormigón*** antes de su descarga en la obra según el criterio de muestreo establecido, incluyendo el caso en que se agrega a la motohormigonera un superfluidificante en la obra.

d) Verificar la ***consistencia del hormigón*** previo a su descarga en la obra, y registrar quién realiza esta tarea y la consigna en el remito correspondiente.

e) Garantizar la ***razón agua/cemento del hormigón***. El agregado de agua en obra será responsabilidad de la Planta Elaboradora siempre que esta sea adicionada para alcanzar el asentamiento previsto para el tipo de hormigón entregado y forme parte del agua de mezclado prevista en la dosificación. Si, por el contrario, el cliente solicita un asentamiento mayor al contemplado para el tipo de hormigón solicitado o el hormigón por problemas atribuibles al Cliente no se colocará en el tiempo máximo establecido por este Reglamento el agregado de agua para alcanzarlo será responsabilidad del Cliente, acreditándose en el Remito correspondiente el agregado de agua solicitado. El alcance de la responsabilidad de la Planta Elaboradora establecida en el párrafo precedente se estipulará fehacientemente en el reverso de cada remito y será de conocimiento.

A 6.10. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

A 6.10.1. Condiciones generales

a) Este artículo es de aplicación al ***control de los procesos mencionados en el artículo A 6.9***. Su propósito principal es el ***control de las variables que afectan la calidad de los hormigones*** a proveer por la Planta y asegurar que los mismos sean conformes según lo establecido en este Reglamento.

b) ***La Planta debe establecer sus propios estándares de la calidad***. También debe diseñar y operar los procedimientos de medición y control de procesos que sean necesarios para asegurar que el hormigón se produce con los estándares de la calidad de la planta. Dichos ***procedimientos deben estar documentados y sus mediciones deben registrarse*** de acuerdo con lo establecido en el artículo A 6.11.

c) Se deben establecer ***procedimientos escritos de medición y control de procesos de todas las características del hormigón*** para las cuales este Reglamento, Capítulo 6, exige ***criterios de conformidad***. En particular, se deben establecer los procedimientos que surgen de los artículos A 6.10.1 a A 6.10.7, sin que ellos tengan carácter taxativo.

d) Las mediciones realizadas durante el control de proceso deben tener la precisión y la frecuencia necesaria para asegurar que el hormigón entregado por la Planta tiene la resistencia especificada, con un error para el cliente ***menor que el 5 %***. La Planta debe realizar estudios estadísticos que demuestren el cumplimiento de esta condición y dichos estudios deben ***ser verificados y certificados por la entidad de certificación*** mencionada en el artículo A 6.13. Esta condición también debe ser verificada permanentemente por la Planta y será ***objeto ineludible de todas las auditorías internas y externas***.

e) Toda la información resultante de las acciones mencionadas en el párrafo anterior debe estar a ***disposición del cliente***.

A 6.10.2. Laboratorio de ensayos

a) Cada Planta debe ***instalar y operar un laboratorio de ensayos de acuerdo con lo especificado en su Plan de la calidad***, el que debe cumplir además con los requisitos establecidos en el artículo A 6.4. Este laboratorio deberá tener un equipamiento mínimo que permita realizar los ensayos de control de recepción de materiales componentes y los de control de proceso sobre los acopios.

C A 6.10. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

C A 6.10.1. Condiciones generales

Ver el artículo A 6.14.7.4.

b) El ***personal técnico del laboratorio debe conocer y disponer de los procedimientos escritos y de las normas IRAM*** correspondientes a todos los ensayos y mediciones que se deben realizar para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo A 6.10.1.

c) Adicionalmente, para aquellos ensayos de control que no estén contemplados en el artículo A 6.10.2.a), el productor deberá contar con un laboratorio central propio o tercerizado. En el caso de que el productor opte por la modalidad de utilizar un laboratorio tercerizado, éste estará sujeto a:

- los programas de verificación de ensayos de control,
- las auditorías internas (realizadas por el productor),
- las auditorías externas (realizadas por el organismo que realiza la acreditación).

A 6.10.3. Materiales

A 6.10.3.1. El ***responsable designado de acuerdo con el artículo A 6.6.1.2. para la recepción y el control de los insumos*** debe:

a) Verificar que las distintas partidas recibidas sean ***conformes*** con los requisitos especificados en este Reglamento y por la propia Planta.

b) Indicar e identificar aquellas partidas que no cumplen con las especificaciones y que deben ser reclasificadas y/o reprocesadas para su utilización de acuerdo con los procedimientos establecidos en el artículo A 6.7.1 de este Anexo y en el Plan de la Calidad.

A 6.10.3.2. El ***Responsable*** del SGC debe:

a) Determinar ***los ensayos de control*** necesarios y suficientes para verificar lo expresado en el artículo A 6 .7.1.

b) Verificar periódicamente los ***resultados de los ensayos de control*** realizados por el proveedor y por el laboratorio de Planta, de acuerdo con el programa de validación indicado en el Manual de la Calidad. Dicho programa incluirá la calibración de los equipos de ensayos, contraensayos, periodicidad y criterios de conformidad a utilizar.

A 6.10.4. Acopios de materiales

a) La Planta debe ***operar los acopios*** de modo tal que se mantengan las características originales.

b) El Plan de la Calidad de cada Planta debe establecer los controles ***para verificar lo especificado en el artículo A 6.10.4.a)***.

c) El responsable ***del laboratorio de ensayos*** debe determinar la ***humedad superficial sobre cada fracción de agregado fino y agregado grueso***. La secuencia con que se realizarán las determinaciones será establecida por el Responsable Técnico.

A 6.10.5. Equipos de almacenamiento, producción, transporte, entrega y control

La Planta debe ***establecer y operar programas*** que permitan:

a) El ***control y mantenimiento de todos los equipos de almacenamiento, producción, transporte y medición*** que utilice en su actividad productiva.

b) El ***control y calibración de todos los equipos de ensayo e instrumentos de medición***, que utilice en el laboratorio y en la actividad productiva.

Los programas anteriores deben estar ***documentados*** y serán realizados de acuerdo con los ***procedimientos también documentados***.

A 6.10.6. Control del hormigón

El control del hormigón se debe realizar de acuerdo con lo establecido en este Anexo, en el artículo A 6.10.1 y en los procedimientos de la Planta.

Los procedimientos de control deben incluir, ***sin carácter taxativo***, la información, los ensayos y las mediciones que se indican a continuación:

a) Cada Planta establecerá en su Plan de la Calidad ***los indicadores*** correspondientes a los parámetros de diseño de cada "tipo" de hormigón y ***midiendo su fluctuación*** durante la producción de ese hormigón por la Planta. Cada indicador será ***registrado, representado en gráficos de control, evaluado periódicamente y determinada su conformidad*** con los estándares de la Planta y los establecidos en el Capítulo 4 de este Reglamento que sean de aplicación a cada ***"tipo"*** de hormigón.

b) ***Programa diario*** de entrega de hormigón, por cliente y ***"tipo"*** de hormigón y ***registro por cliente*** de las cargas efectuadas en la Planta para cada ***"tipo"*** de hormigón.

c) Cartas ***de control por cada "tipo" de hormigón***, que permitan el seguimiento de los siguientes parámetros:

- Consistencia
- Aire incorporado, si corresponde.
- Masa de la unidad de volumen
- Temperatura.
- Resistencias individuales.
- Resistencias medias de tres (3) valores consecutivos.

A 6.10.7. Tratamiento de las no conformidades

Cada Planta debe asegurar que los hormigones o sus materiales componentes que ***sean no conformes***, se identifiquen y se evite su uso o entrega no intencional al cliente, también deben considerarse los servicios No conformes. Para ello se deben establecer ***procedimientos escritos*** que establezcan:

a) Quién o quiénes son las ***personas responsables de la revisión*** de los distintos ***"tipos"*** de hormigones o sus materiales componentes, que no se ajusta a las especificaciones, ***y quién está facultado para establecer las acciones preventivas o correctivas*** correspondientes.

b) Qué ***medidas de mejora o correctivas*** se aplican ante los distintos tipos de no conformidades que se pueden presentar.

c) Quién es el ***responsable de registrar*** las no conformidades y las medidas adoptadas.

d) Quién es el responsable y de qué manera realizará la medición de la eficacia de las acciones implementadas.

A 6.11. REGISTROS

Este artículo es de aplicación a la actividad de ***registros de la calidad*** que se deben realizar en cada Planta.

Sus propósitos principales son:

a) ***Documentar los resultados de las mediciones, ensayos e inspecciones*** que se realizan sobre los distintos procesos, y los ***"tipos"*** de hormigones que

C A 6.11. REGISTRO

En el artículo A.6.14. se presentan ejemplos de registros típicos.

comercializa la planta, incluyendo sus materiales componentes.

b) Establecer ***normas para la identificación, recopilación, clasificación, archivo, almacenamiento, forma y tiempo de conservación y eliminación*** de todos los registros del sistema de la calidad de cada Planta.

c) Tener ***evidencias objetivas de las mediciones, ensayos e inspecciones realizadas***, en caso de ser solicitados por una auditoría externa o por el cliente.

d) Permitir la ***trazabilidad*** de los distintos ***"tipos"*** de hormigones y de sus materiales componentes de acuerdo con lo indicado en el Manual de la Calidad y en el Plan de la Calidad de cada Planta.

A 6.11.1. Registros mínimos con que debe contar cada Planta Elaboradora

Cada Planta debe ***llevar y mantener registros*** para asegurar el control de producción de cada ***"tipo"*** de hormigón que comercializa, permitir la trazabilidad de los mismos y tener disponibles evidencias objetivas para las auditorías internas o externas de la calidad.

Como ***mínimo*** se deben llevar y mantener registros que permitan tener evidencias objetivas de:

a) Todos los ***documentos que componen el sistema de la calidad***, tanto sean de origen interno como externo a la Planta.

b) La ***capacitación impartida*** al personal de dirección, al personal técnico y a los operadores de cada proceso que en la Planta realizan actividades que afectan a la calidad. En los mismos debe constar, para cada curso o cursillo: el tema, el responsable del dictado, la cantidad de horas, si corresponde aprobación o asistencia, lugar de dictado.

c) El ***sistema de distribución y retiro*** en cada lugar de trabajo de los documentos de la calidad.

d) ***Toda la información documentada*** que surja de aplicar los artículos A 6.6.2 y A 6.6.3 referentes a la ***evaluación y la selección de los proveedores***.

e) Todos aquellos ***proveedores seleccionados como aceptables***, indicando claramente, en estos registros, cómo se incorporan nuevos proveedores a la nómina de los ya **"aprobados"** y cómo se debe dar de baja a proveedores, en caso que sea necesario.

f) Las ***especificaciones emitidas*** en conjunto con las Órdenes de Compra de insumos para el hormigón y para los equipos de producción, transporte y control.

g) La ***recepción de insumos*** para el hormigón y para los equipos de producción, transporte y control, establecidos en el Manual de la Calidad.

h) Los ***pedidos de hormigón*** por cliente y ***"tipo"*** de hormigón.

i) Los ***ensayos de muestras de los materiales componentes del hormigón***, tomadas en los acopios de la Planta, con identificación de partida, y de los ensayos de verificación.

j) Los protocolos de ensayos ***de cementos y aditivos químicos***, en donde consten los ensayos realizados por la fábrica, con identificación de partida o período de fabricación.

k) Los ***diseños de cada dosificación de hormigón*** sobre la que no existan resultados de ensayos históricos para su validación, incluyendo los resultados de las propiedades del hormigón fresco y endurecido.

l) Las ***mediciones y los controles*** realizados sobre de los ***procesos internos*** y externos ***contratados***, que afecten la calidad de los distintos "tipos" de hormigones que comercializa la Planta.

m) Las ***mediciones y ensayos*** realizados sobre el hormigón y sus materiales componentes, y el análisis de los datos obtenidos.

n) Las entregas de hormigones y de todas las ***cargas efectuadas en la Planta***.

o) Las ***características del hormigón fresco y endurecido*** para cada ***"tipo"*** de hormigón, sobre muestras extraídas en la Planta y/o en la obra. Cuando los ensayos se realicen en obra, estos registros también se llevarán por obra.

p) El ***mantenimiento*** de todos los equipos, ***propios o alquilados***, de almacenamiento, producción, transporte y medición que integran la o las plantas de producción de hormigón.

q) La calibración de los equipos de producción, transporte y control del hormigón.

r) ***Cumplimiento de las balanzas con la Ley 19511***, Ley Nacional de Metrología.

Las balanzas utilizadas deben tener aprobación de modelo y verificación primitiva.

C A 6.11.1.r) Según el ***artículo 20° de la Ley 19511:*** No se podrá tener ningún título ni disponer en cualquier forma, de instrumentos de medición reglamentados que no hayan sido sometidos a la verificación primitiva. Por otro

Adicionalmente, la planta debe asegurar las condiciones de trabajo de las balanzas a través de la verificación periódica de las mismas.

lado, según el ***Art. 9. de dicha Ley*** es obligatoria la verificación periódica y vigilancia de uso de todo instrumento de medición reglamentado que sea utilizado en:

- transacciones comerciales;
- verificación del peso o medida de materiales o mercaderías que se reciban o expidan en toda explotación comercial, industrial, agropecuaria o minera;
- valoración o fiscalización de servicios;
- valoración o fiscalización del trabajo realizado por operarios;
- reparticiones públicas;
- cualquier actividad que, por su importancia, incluya la reglamentación.

s) Las ***cartas de control*** correspondientes a los parámetros que se indican a continuación, para cada ***"tipo"*** de hormigón que produce la Planta:

- Consistencia
- Aire incorporado, si corresponde.
- Masa de la unidad de volumen.
- Temperatura.
- Resistencias individuales.
- Resistencias medias de tres ***(3)*** valores consecutivos.

A 6.11.2. Archivo y conservación

Se debe asegurar la ***identificación, recopilación, clasificación, archivo, almacenamiento, forma y tiempo de conservación y eliminación de todos los registros*** que afecten la calidad de los distintos ***"tipos"*** de hormigones que comercializa la Planta.

Consecuentemente, cada Planta debe ***establecer procedimientos documentados para sus registros, que puedan estar en cualquier tipo de medio***, con el fin de asegurar:

a) Su identificación, recopilación, clasificación y archivo.

b) El tiempo que corresponde retener cada registro de la calidad.

c) Que se impida la pérdida de todos los registros de la calidad.

d) Que se cuente con una copia en papel tamaño A4 establecido por ***IRAM 3001-1-86***, impresa y firmada por el Representante Técnico, para su uso en la trazabilidad del hormigón y las auditorías establecidas en el artículo A 6.12.

e) Su sencilla recuperación.

f) Que las instalaciones destinadas a su archivo, garanticen que los registros no sufran deterioro o daño y no se extravíen.

g) Que los registros de la calidad generados por medios electrónicos estén protegidos contra temperaturas extremas, riesgos de electromagnetización y demás casos de contaminación.

A 6.12. AUDITORÍAS INTERNAS Y EXTERNAS

Este artículo es de aplicación a las ***auditorías internas y externas*** de todas las actividades incluidas en este Anexo.

A 6.12.1. Auditorías internas

A 6.12.1.1. Cada Planta debe realizar ***auditorías internas en intervalos planificados***, con el fin de determinar que:

a) Su ***sistema de la calidad*** se ajusta globalmente a este Anexo.

b) Los ***recursos humanos y las instalaciones*** se están utilizando eficientemente.

c) Los ***procedimientos escritos*** correspondientes a cada proceso se ***implementaron correctamente***, y se evaluaron, documentaron e implementaron las ***acciones correctivas*** propuestas por las auditorías anteriores.

d) Cada "tipo" de hormigón que comercializa cumple con los ***requisitos de diseño*** establecidos por el ***usuario en forma fehaciente*** y/o por este Reglamento.

e) La planta cuenta con un ***control de producción*** eficiente y los registros de mediciones y ensayos indican que todos los procesos están ***bajo control***.

C A 6.12. AUDITORÍAS INTERNAS Y EXTERNAS

C A 6.12.1. Auditorías internas

En el artículo A 6.14.8.se muestra un diagrama de flujo típico para la auditoría interna de la calidad.

f) Cada "tipo" de hormigón que comercializa y sus materiales componentes, ***cumplen con los requisitos de conformidad*** establecidos en este Reglamento.

A 6.12.1.2. Cada Planta debe establecer ***un procedimiento escrito***, conteniendo el ***programa anual propuesto para realizar las auditorías internas***, en función de las siguientes premisas básicas:

a) El cronograma anual debe especificar la ***frecuencia con que se realizarán las auditorías internas***, y si las mismas serán programadas o no programadas.

b) Cada auditoría ***programada*** debe auditar:

- La información documentada de los registros y toda otra documentación generada por la aplicación del sistema de gestión de la calidad.

- Las actividades en ejecución, los insumos y los hormigones resultantes.

c) Las personas que lleven a cabo la ***auditoría interna*** de la calidad de la Planta deben ser ***independientes*** de la función objeto de auditoría.

d) El procedimiento debe establecer los ***responsables*** para:

- Generar los planes de auditorías internas, en función de la frecuencia anual establecida.

- Seleccionar el equipo auditor y al auditor responsable.

- Analizar el informe final de cada auditoría, investigar las causas de las no conformidades y adoptar las decisiones respecto de las acciones correctivas a implementar.

- Realizar el seguimiento de las acciones correctivas a implementar.

Reunir, archivar y conservar todos los registros que correspondan a cada auditoría interna.

A 6.12.2. Auditorías externas

a) Las ***auditorías externas*** tienen por objeto realizar una verificación del sistema de la calidad por parte del ***organismo que realizó su certificación***.

b) Cuando se aplique el ***Modo 1*** de producción y control de conformidad, el ***Comprador*** tendrá la prerrogativa

de realizar su ***propia auditoría del sistema de la calidad de la Planta***. Los resultados de esta auditoría serán de la ***exclusiva responsabilidad del Comprador, quien deberá asumir además el costo de su realización***.

A 6.13. CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE LA CALIDAD

A 6.13.1. Entidad certificante

El ***sistema de calidad de una Planta*** debe ser certificado por un organismo acreditado por el ***Organismo Argentino de Acreditación (OAA)***, según Decreto 1474/94.

A 6.13.2. Alcance de la certificación del sistema de la calidad

a) La entidad certificante debe ***certificar que el sistema de la calidad de la Planta, sus actividades y los hormigones producidos cumplen con los requisitos establecidos en***
La norma IRAM ISO 9001-2015

b) El certificado ***se otorga a cada Planta y es intransferible***, inclusive entre plantas elaboradoras que pertenezcan a una misma organización.

c) El certificado otorgado ***no sustituye*** a todas las responsabilidades establecidas por la legislación vigente que sean de aplicación.

A 6.13.3. Vigencia y auditorías externas

a) La ***vigencia*** del certificado del sistema de la calidad para cada Planta será establecido por la entidad certificante, pero no podrá ser mayor de ***tres (3) años***.

b) La ***entidad certificante auditará periódicamente*** a la Planta que cuente con su certificado del sistema de la calidad. La ***periodicidad*** no podrá ser mayor de una ***(1)*** auditoría cada seis ***(6)*** meses.

c) En caso que lo considere necesario, y a su solo juicio, la ***entidad*** certificante podrá realizar ***auditorías en forma aleatoria a la Planta*** que cuente con su certificado del sistema de la calidad.

A 6.14. TERMINOS, DEFINICIONES Y DIAGRAMAS DE FLUJO

A 6.14.1. Términos y definiciones

Las definiciones que competen a este Anexo se ***transcriben de la norma IRAM-ISO 9000:2015***.

Acción Correctiva: Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable.

Acción Preventiva: Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable.

> La acción correctiva se toma para prevenir que algo vuelva a ocurrir, mientras que la acción preventiva se toma para prevenir que algo ocurra.

Alta Dirección: Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel.

Auditado: Organización que es auditada.

Auditor: Persona con habilidad demostrada para aplicar conocimientos y aptitudes.

Auditoría: Proceso sistemático independiente y documentado, para obtener registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información para ser evaluados de manera objetiva, con el fin de determinar el grado en que se cumple el conjunto de políticas, procedimientos o requisitos utilizados como referencia.

Calidad: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con la necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

Clase: Categoría o rango dado a diferentes requisitos de la calidad para productos o procesos que tienen el mismo uso funcional.

Cliente: Persona u organización que podría recibir o que recibe un producto o un servicio destinado a esa persona u organización o requerido por ella.

Conformidad: Cumplimiento de una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

Control de la Calidad: Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.

Confirmación metrológica: Conjunto de operaciones necesarias para asegurarse de que el equipo de medición es conforme con los requisitos para su uso previsto.

> Generalmente incluye calibración o verificación, cualquier ajuste necesario o reparación y posterior recalibración, comparación con los requisitos metrológicos para el uso previsto del equipo, así como cualquier sellado y etiquetado requeridos.

Corrección: Acción tomada para eliminar una no conformidad detectada.

Defecto: Incumplimiento de una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria, relativa a un uso previsto o especificado.

> La distinción entre los conceptos ***defecto y no conformidad*** es importante por sus connotaciones legales, particularmente aquellas asociadas a la responsabilidad legal de los productos y servicios.

Desecho: Acción tomada sobre un producto o servicio no conforme para impedir su uso inicialmente previsto.

En el caso de un servicio no conforme, el uso se impide no continuando el servicio.

Documento: Datos que poseen significado y su medio de soporte. El medio soporte puede ser papel, disco magnético, óptico o electrónico, fotografía o muestra patrón o una combinación de éstos.

Ejemplos: registros, especificación, procedimiento, plano, informe, norma.

Ensayo: Determinación de acuerdo con los requisitos para un uso o aplicación previsto específico.

Especificación: Documento que establece requisitos.

Evidencia Objetiva: Datos que respaldan la existencia o veracidad de algo.

Puede obtenerse por medio de la observación, medición, ensayo o por otros medios.
La evidencia objetiva con fines de auditoría generalmente se compone de registros, declaraciones de hechos u otra información que son pertinentes para los criterios de auditoría y verificables.

Información documentada: Información que una organización tiene que controlar y mantener, y el medio que la contiene.

La información documentada puede estar en cualquier formato y medio, y puede provenir de cualquier fuente.
La información documentada puede hacer referencia al sistema de gestión; la información generada para que la organización opere (documentación) y la evidencia de los resultados alcanzados.

Infraestructura: Sistema de instalaciones, equipos y servicios necesarios para el funcionamiento de una organización.

Inspección: Actividad para encontrar una o más características de la conformidad con los requisitos especificados.

Manual de la Calidad: Documento que establece los requisitos para el sistema de gestión de la calidad de una organización.

No Conformidad: Incumplimiento de una necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

Objetivo de la Calidad: Resultado a lograr relativo a la calidad.

Puede ser estratégico, táctico u operativo.
Los objetivos de la calidad generalmente se basan en la política de la calidad de la organización.

Organización: (A los fines de este Anexo, el término ***Organización se refiere a la Planta Elaboradora***). Conjunto de personas e instalaciones con una disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones.

Plan de la Calidad: Documento que especifica que procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proceso, producto o contrato especifico.

Planificación de la Calidad: Parte de la gestión de la calidad orientada a establecer de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para lograr los objetivos de la calidad.

Política de la Calidad: Intenciones y dirección de una organización relativas a la calidad, tal como se expresan formalmente por la alta dirección.

> Generalmente, la política de la calidad es coherente con la política global de la organización, puede alinearse con la visión y la misión de la organización y proporciona un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad.

Procedimiento: Forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso. Los procedimientos pueden estar documentados o no.

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto.

Producto: Salida de una organización que puede producirse sin que se lleve a cabo ninguna transacción entre la organización y el cliente. Generalmente es tangible.

Programa de Auditorías: Conjunto de una o más auditorías planificadas para un período de tiempo determinado y dirigidas hacia un propósito específico.

Proveedor: Organización o persona que proporciona un producto o servicio.

Reclasificación: Variación de la clase de un producto o servicio no conforme para hacerlo conforme a requisitos diferentes de los requisitos iniciales.

Registro: Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades realizadas.

Reparación: Acción tomada sobre un producto servicio no conforme para convertirlo en aceptable para su utilización prevista.

Reproceso: Acción tomada sobre un producto o servicio no conforme para hacerlo conforme con los requisitos.

> El reproceso puede afectar o cambiar partes del producto o servicio no conforme.

Requisito: Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

Servicio: Salida de una organización con al menos una actividad, necesariamente llevada a cabo entre la organización y el cliente. Los elementos dominantes de un servicio son generalmente intangibles.

Sistema de Control de las Mediciones: Conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan, necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de las operaciones que permiten determinar el valor de una magnitud.

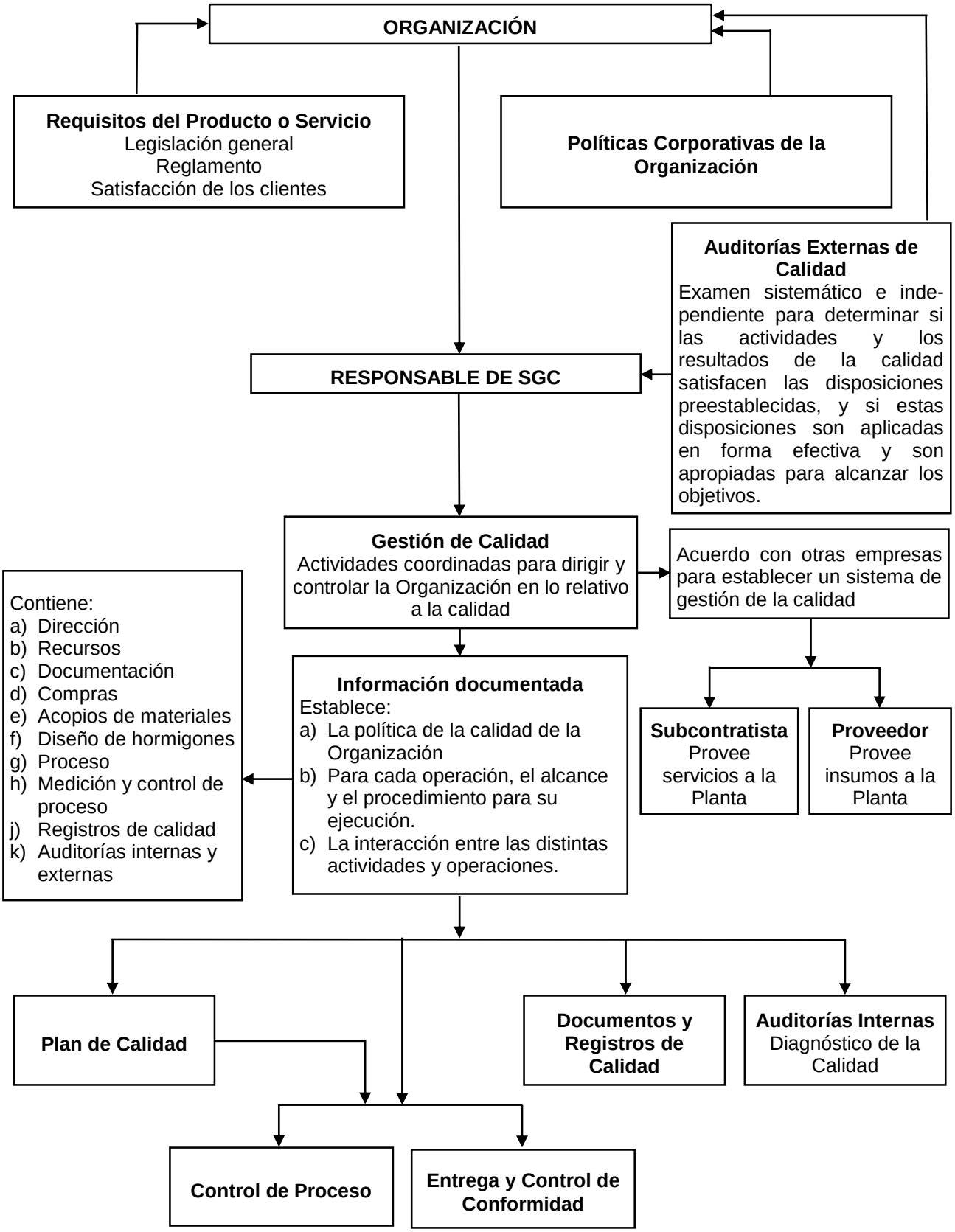
Sistema de Gestión de la Calidad: Conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos, relacionados con la calidad.

> El alcance de un sistema de gestión puede incluir la totalidad de la organización, funciones específicas e identificadas de la organización, secciones específicas e identificadas de la organización, o una o más funciones dentro de un grupo de organizaciones.

Trazabilidad: Capacidad para seguir el histórico, la aplicación o la localización de un objeto.
Al considerar un producto o un servicio, la trazabilidad puede estar relacionada con el origen de los materiales y las partes, el histórico del proceso; y la distribución y localización del producto o servicio después de la entrega.

Verificación: Confirmación mediante la aportación de evidencias objetivas de que se han cumplido los requisitos especificados.

A.6.14.2. Diagrama de flujo de un sistema de gestión de calidad



A.6.14.3. Ejemplos de documentación

A.6.14.3.1. Modelo típico de un documento del sistema de la calidad

Logo Identificatorio Organización Elaboradora de Hormigón	**PLAN DE CALIDAD** ***Tema***: *Tema específico a que se refiere el documento*	***Documento N°*** ***Revisión N°***
	Elaborado por: **Fecha**:	**Revisado por**: **Fecha**:	**Aprobado por**: **Fecha**:

Propósito: Descripción sintética del propósito específico del documento.

Definiciones y abreviaturas: Se puede hacer referencia a un documento específico de definiciones, y de ser necesario agregar en este documento las definiciones y abreviaturas particulares que se usan en el documento.

Alcance: Se debe especificar a qué áreas o lugares trabajo es aplicable el documento.

Atribuciones y responsabilidades: Detallar en forma resumida las atribuciones y responsabilidades del personal involucrado en este procedimiento, para cada una de las áreas o lugares de trabajo especificados en ***"Alcance"***.

Desarrollo: Detallar en forma resumida las tareas que le corresponden a cada persona involucrada en este procedimiento, para cada una de las áreas o lugares de trabajo especificados en ***"Alcance"***.

Distribución: Para cada una de las áreas o lugares de trabajo especificados en ***"Alcance"***, indicar a que persona se le debe hacer llegar el documento.

Referencias: Enumerar los documentos con los que se relaciona este documento.

Capítulos: Sí corresponde, detallar los Capítulos que contiene el documento.

Registros: Sí corresponde, detallar las planillas o documentos en los cuales se debe registrar la información que surja de este documento.

Anexos: Si corresponde, detallar los anexos que se asocian al documento.

A 6.14.3.2. Referidos al ítem "artículo A 6.6 – Procesos, productos y servicios suministrados externamente"

1. Procedimiento para la evaluación y selección de proveedores.

2. Procedimiento para las compras de insumos.

3. Procedimiento para la verificación de los productos comprados.

4. Procedimiento para la identificación, la verificación, el registro, el almacenamiento y la conservación para todos los insumos o bienes de propiedad del cliente.

A 6.14.3.3. Referidos al ítem "artículo A 6.10 – Evaluación de Desempeño"

1. Procedimiento para la inspección y los ensayos a realizar sobre el hormigón y sus materiales componentes.

2. Procedimiento para el control de los insumos y los hormigones no conformes.

3. Procedimiento para auditorías internas de la calidad.

4. Procedimiento para las acciones preventivas y correctivas.

5. Procedimiento para el uso de técnicas estadísticas.

6. Instrucción para el control de proceso. Valores límites para el monitoreo.

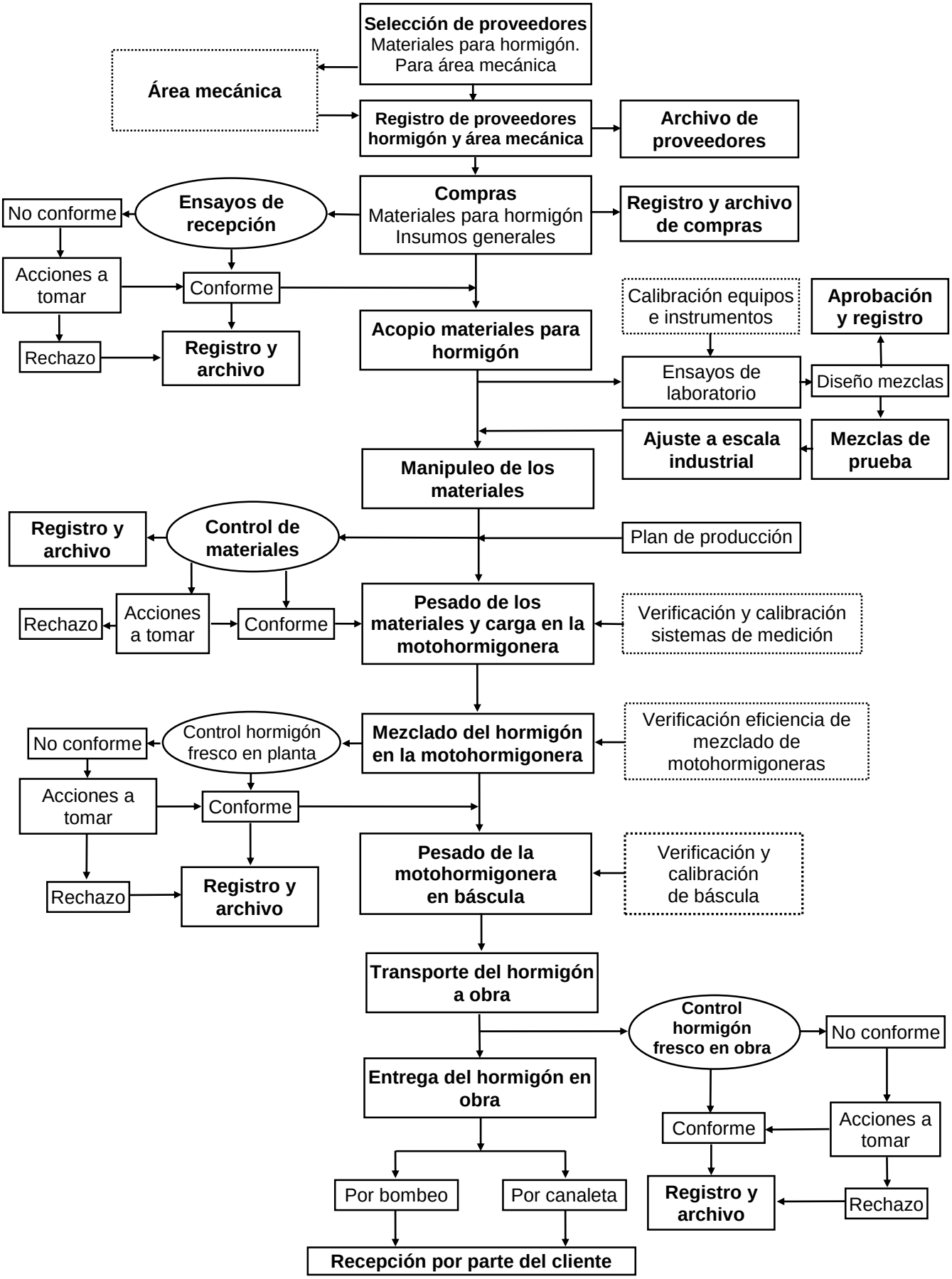
7. Instrucción para el uso de técnicas estadísticas para el control de las variaciones de las propiedades de los materiales componentes, que pueden afectar la calidad del hormigón.

8. Instrucción para el uso de técnicas estadísticas para el control de las variaciones de las propiedades del hormigón fresco. Cartas de control.

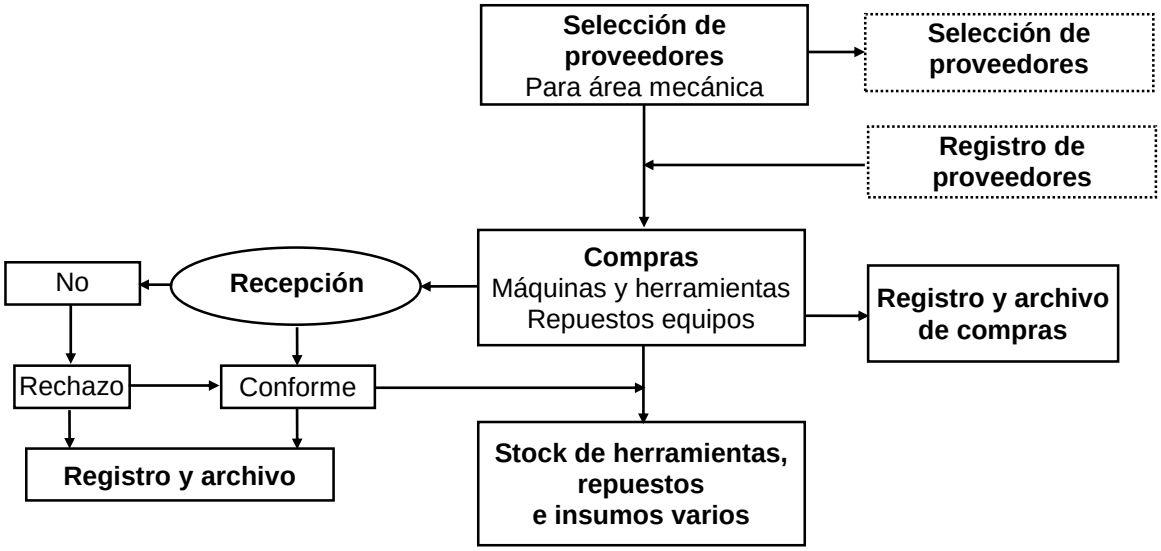
9. Instrucción para el uso de técnicas estadísticas para el control de las variaciones de las propiedades del hormigón endurecido. Cartas de control.

Nota: Las instrucciones indicadas precedentemente son abarcativas de todas las mediciones involucradas en ellas. Como alternativa, se puede elaborar instrucciones por separado para cada medición.

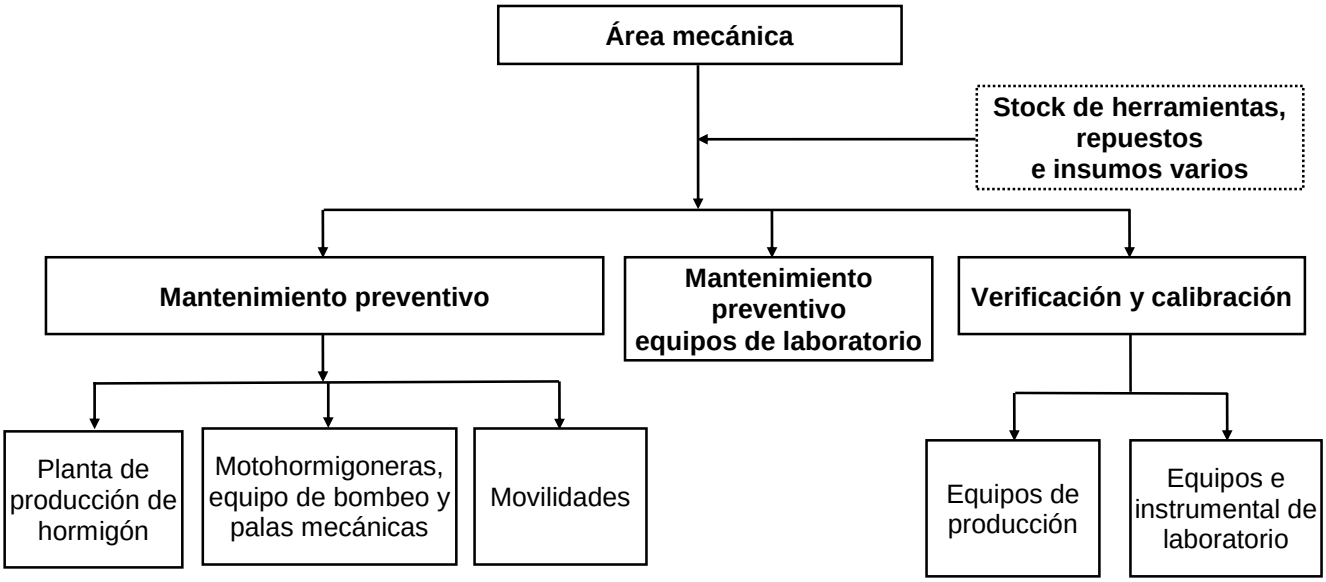
A.6.14.4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de hormigón y del control de proceso



A.6.14.5. Compras área mecánica



A.6.14.6. Mantenimiento preventivo equipos



A 6.14.7. Ejemplos de registros típicos

Considerando la importancia que tienen los registros en un sistema de la calidad de una Planta, ***a modo de orientación, y sin ser de carácter taxativo, se detallan a continuación los posibles registros típicos***:

A 6.14.7.1. Dirección

1. Registro del seguimiento de los procesos y del hormigón y sus materiales componentes, y el análisis de los datos obtenidos.

2. Registro de control de los procesos contratados externamente, que afectan la conformidad del hormigón.

A 6.14.7.2. Recursos Humanos, Económicos, Instalaciones y Equipos Afectados a las Actividades de la Calidad

Registro de capacitación del personal, en el que debe constar como mínimo:

a) Tema del curso o charla.

b) Responsable del dictado.

c) Lugar de dictado.

d) Cantidad de horas de dictado.

e) Si corresponde, aprobación o asistencia.

A 6.14.7.3. Documentos

1. Registro de distribución de los documentos del sistema de la calidad.

2. Registro de retiro de los documentos del sistema de la calidad.

A 6.14.7.4. Procesos, Productos y Servicios Suministrados Externamente

1. Registro de los proveedores seleccionados como aceptables.

2. Registro de la evaluación de proveedores, cuando se realizan visitas al proveedor.

3. Registro de la evaluación de proveedores, cuando no es posible realizar visitas al proveedor.

4. Registro de las especificaciones de insumos para el hormigón y para los equipos de producción, transporte y control.

5. Registro de Órdenes de Compra emitidas.

6. Registro de la recepción de insumos para el hormigón y para los equipos de producción, transporte y control.

7. Registro de pedidos de hormigón por cliente y "tipo" de hormigón.

A 6.14.7.5. Recepción, Acopio y Manejo de Acopios de Materiales para Elaborar Hormigón

1. Registro de ensayos del proveedor de agregados fino y grueso, con identificación de partida.

2. Registro de ensayos de muestras tomadas en los acopios de agregados fino y grueso, con identificación de partida.

3. Registro diario de la granulometría de cada fracción de agregado fino y agregado grueso, utilizado para cada tipo de hormigón.

4. Registro diario del material que pasa el tamiz ***IRAM 75 micrones (N° 200)***, para los agregados fino y grueso.

5. Registro de ensayos de fábrica de cemento y aditivos, con identificación de partida.

6. Registro de las muestras de cemento y aditivos a guardar para contra ensayos y período que se retienen.

A 6.14.7.6. Diseño de Mezclas

1. Registro del diseño de las dosificaciones, según lo establecido en el artículo A 6.11, por cada tipo de hormigón, entendiendo por "tipo" al hormigón producido con los siguientes atributos:

   a) Pertenece a una misma clase (resistencia).

   b) Tiene un mismo rango de asentamiento (por ejemplo 10 ± 2 cm).

   c) Tiene el mismo rango de aire incorporado.

   d) Está elaborado con los mismos materiales y no se han detectado variaciones significativas en los mismos.

   e) La temperatura de la mezcla fresca debe estar comprendida dentro de un rango de ± 5° C, respecto de la máxima temperatura que se prevé que tendrá el hormigón en el momento de ser mezclado y colocado en obra.

2. Registro de los resultados de las propiedades del hormigón fresco y endurecido para cada "tipo" de hormigón diseñado.

A 6.14.7.7. Producción y Provisión del Servicio

1. Registro por cliente de las cargas efectuadas en la Planta para cada "tipo" de hormigón.

2. Registro del programa de entrega de hormigón, por cliente y "tipo" de hormigón.

3. Registro de la humedad superficial determinada sobre cada fracción de agregado fino y agregado grueso, utilizado para elaborar cada tipo de hormigón.

4. Registro de contra ensayos realizados en laboratorio externo, sobre el hormigón y sus materiales componentes.

5. Registro de inspección visual de acopios de agregados, cemento y aditivos en uso.

6. Registro de mantenimiento de todos los equipos de almacenamiento, transporte y medición que integran la o las plantas de producción de hormigón.

7. Registro de mantenimiento de cada una de las motohormigoneras, propias o alquiladas.

8. Registro de mantenimiento de cada equipo para bombeo del hormigón.

A 6.14.7.8. Evaluación de Desempeño

1. Registro de calibración de los equipos de producción y transporte del hormigón.

2. Registro de calibración de los equipos de control.

3. Registro para cada "tipo" de hormigón y por cliente, de las características del hormigón, conteniendo como mínimo los siguientes datos:

   a) Observación visual del hormigón dentro de la motohormigonera.

   b) Peso de la motohormigonera en la báscula.

   c) Temperatura del hormigón fresco en planta.

   d) Asentamiento en Planta.

   e) Aire en Planta.

   f) Temperatura del hormigón fresco en obra.

   g) Asentamiento en obra.

   h) Aire en obra.

   i) Resistencia a compresión de probetas moldeadas en la Planta.

   j) Resistencia a compresión de probetas moldeadas en la obra.

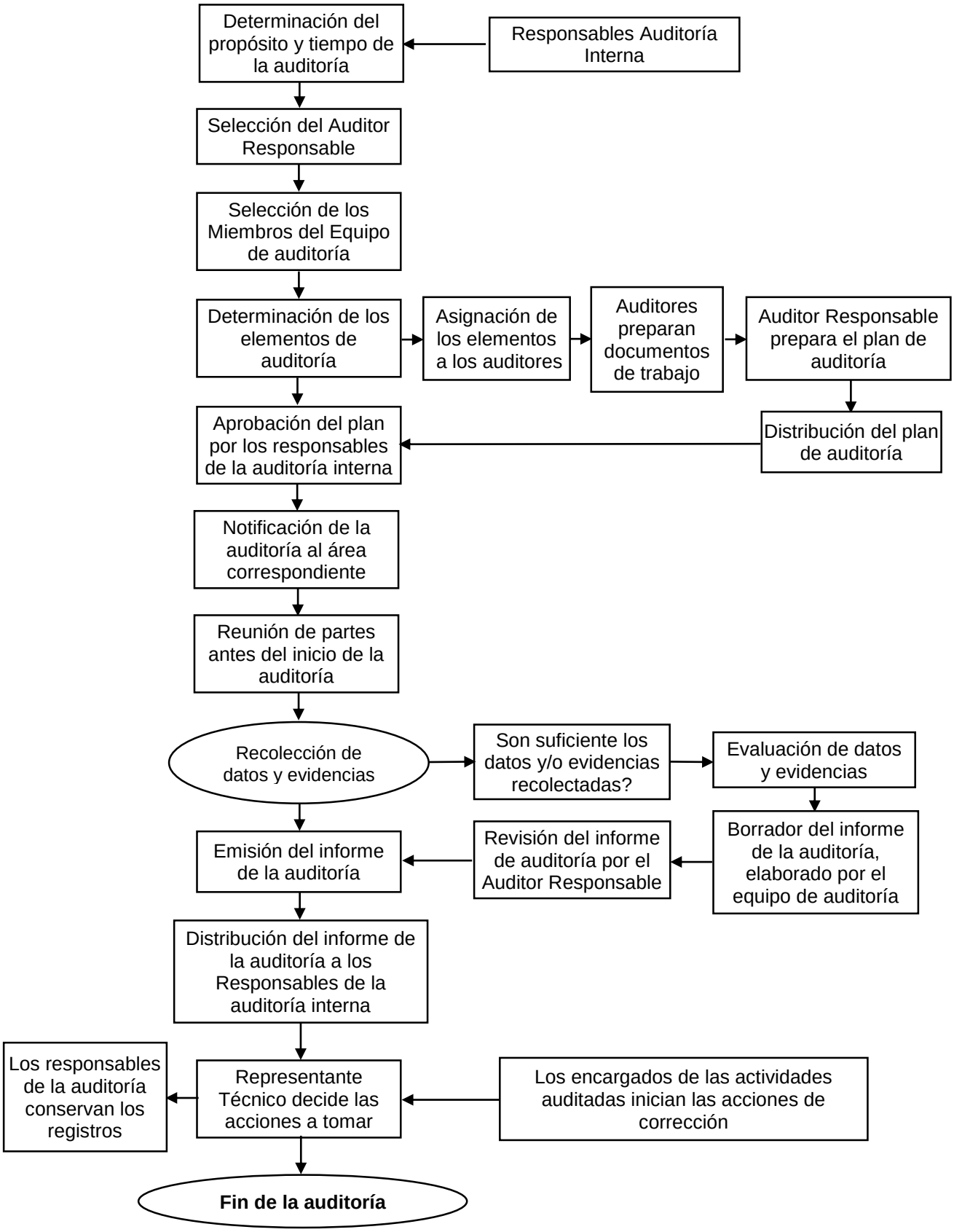
   Estos registros se deben informatizar y compatibilizar de tal forma que cada vez que se cargan los datos a la computadora, esta, mediante un programa específico, los registra por cliente y en el estadístico correspondiente al ***"tipo"*** de hormigón entregado.

4. Registros de las cartas de control para cada "tipo" de hormigón y para cada variable para:

   a) Propiedades de los materiales.
   b) Propiedades del hormigón fresco.
   c) Propiedades del hormigón endurecido.

5. Registros de control de producción utilizando la información generada diariamente de acuerdo con el punto 4 precedente.

A 6.14.8. Diagrama de flujo típico para auditorías internas de la calidad



CAPÍTULO 7. SISTEMAS DE ENCOFRADOS. PUNTALES, ARRIOSTRAMIENTOS Y OTROS ELEMENTOS DE SOSTEN. CAÑERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN. TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS DE ENCOFRADOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES TERMINADOS.

7.0. SIMBOLOGÍA

C 7.0. SIMBOLOGIA

h altura del hormigón fresco por encima del punto considerado, en m.

p presión lateral sobre el encofrado, en kPa.

M madurez, en ºC por hora o ºC por día.

T temperatura en el interior del hormigón, en ºC.

γ_c masa unitaria del hormigón fresco, en kg/m^3.

Δt duración del curado a la temperatura ***T***, en días u horas.

7.1. ENCOFRADOS, PUNTALES, ARRIOSTRAMIENTOS Y OTROS ELEMENTOS DE SOSTÉN

7.1.1. Exigencias generales

7.1.1.1. La ***Empresa Contratista*** será responsable del diseño y de la elaboración de los planos generales y de detalle de los ***encofrados***, ***cimbras***, ***apuntalamientos***, ***arriostramientos*** y de sus eventuales ***reapuntalamientos***, como así también de su construcción y mantenimiento.

7.1.1.2. Previamente a su construcción, la ***Empresa Contratista*** debe someter a la ***aprobación del Director de Obra*** las memorias de cálculo y los planos generales y de detalle correspondientes al ***sistema de encofrados*** a utilizar, en los siguientes casos:

a) Cuando sea requerido por el ***Director de Obra***, para estructuras de hormigón con luces de tramos menores de ***7 m***.

b) ***Obligatoriamente***, para estructuras de hormigón con luces de tramos iguales o mayores de ***7 m***.

c) ***Obligatoriamente***, cuando la estructura se deba hormigonar respetando una secuencia determinada para minimizar los efectos de la ***contracción por secado***.

d) ***Obligatoriamente***, cuando se reapuntale en parte o toda la estructura de hormigón ***La Empresa Contratista*** deberá desarrollar el procedimiento y el programa para la remoción de los puntales y la colocación de los reapuntalamientos, y para el cálculo de las cargas que se deben transferir a la estructura durante dicho proceso.

e) ***Obligatoriamente***, para estructuras a construir en zonas sísmicas.

f) ***Obligatoriamente***, para estructuras especiales tales como arcos, cáscaras, estructuras espaciales y estructuras pretensadas

Las memorias de cálculo y los planos de detalles de las estructuras temporarias deben formar parte de la documentación de la obra.

7.1.1.3. La aprobación de las memorias de cálculo y de los planos de detalles del sistema de encofrados, ***no releva a la Empresa Contratista de su responsabilidad*** y de construir y mantener correctamente el sistema de encofrados propuesto.

7.1.1.4. ***Todas las estructuras de carácter temporario***, tales como encofrados, cimbras, apuntalamientos, reapuntalamientos y otras similares que se requieran por razones de orden constructivo, deben cumplir con las siguientes condiciones:

a) Se deben proyectar de tal forma que al ser construidas en la obra no dañen a los elementos estructurales o a los sectores de estructura ya construidos.

b) Se deben construir con materiales de características tales que les permitan cumplir las funciones para las que fueron diseñadas, con el grado de seguridad establecido en este Reglamento.

7.1.1.5. Cuando sea necesario apoyar ***cargas de origen constructivo*** sobre elementos estructurales o sectores de estructuras encofrados y apuntalados, se debe verificar por cálculo que los esfuerzos originados por dichas cargas sean iguales o menores que los esfuerzos con los cuales se diseñó el encofrado y su apuntalamiento.

7.1.2. Encofrados

7.1.2.1. Los ***encofrados*** deben ser resistentes, rígidos y suficientemente indeformables como para mantener las formas, dimensiones, niveles y alineamientos especificados en los planos, con las tolerancias

dimensionales y de posición establecidas en el artículo 7.5.

7.1.2.2. Los ***encofrados*** se deben construir con madera, chapas de acero, de madera compensada, fenólico, plástico o con cualquier otro material que cumpla con las condiciones establecidas en el artículo 7.1.2.1., debiendo ser estancos para evitar las pérdidas de mortero durante las operaciones de hormigonado. Dichos materiales, al ponerse en contacto con el hormigón fresco, no deben ablandarlo, decolorarlo, mancharlo ni perjudicar en forma alguna su superficie.

7.1.2.3. Los ***encofrados*** deben ser diseñados y construidos con la ***contraflecha necesaria***, para que la forma y perfil de la estructura terminada y expuesta a las condiciones de servicio sean las establecidas en los planos.

7.1.2.4. Para facilitar la ***inspección*** y ***limpieza*** de los ***encofrados*** y la ***colocación*** y ***compactación del hormigón***, se deben dejar aberturas provisorias de dimensiones adecuadas, a distintas alturas y a distancias horizontales máximas de ***2,50 m*** entre sí en:

a) ***Encofrados profundos*** o de difícil inspección o limpieza.

b) ***Elementos estructurales*** de más de ***3 m*** de altura.

c) ***Elementos pretensados con armaduras postesadas***, en las secciones críticas donde las vainas ocupen más del ***50 %*** del ancho de la sección y/o los espacios entre ellas sean menores que ***2 veces*** el tamaño máximo nominal del agregado.

7.1.2.5. Cuando los ***Documentos del Proyecto*** no establezcan lo contrario, en todos los ángulos y rincones de los encofrados se colocarán molduras de madera cepillada, conformando un triángulo rectángulo cuyos catetos midan ***2,5 cm***.

7.1.2.6. Los ***encofrados de madera*** no deben quedar expuestos al viento y al sol durante un tiempo prolongado.

7.1.2.7. Los ***bulones***, ***pernos*** y otros ***elementos metálicos*** que se utilicen como uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas, y que posteriormente queden incluidos en el hormigón, deben tener los recubrimientos mínimos de hormigón establecidos en el Reglamento CIRSOC 201-2023, Capítulo 20, en función del tipo de exposición de la estructura al medio ambiente circundante.

7.1.2.8. Posteriormente a su remoción, las caras internas de los encofrados se deben limpiar de toda suciedad, mortero y cualquier materia extraña.

7.1.2.9. Para facilitar la ***remoción de los encofrados***, sobre sus superficies internas una vez limpias, se debe colocar una película de material desencofrante antes de colocar las armaduras en el elemento estructural. Estos desencofrantes deben ser aplicados en cantidades tales que no escurran sobre las armaduras o sobre las juntas de construcción.

7.1.3. Puntales, arriostramientos y accesorios de unión y sujeción

7.1.3.1. Los ***puntales*** y ***arriostramientos*** se deben construir con madera estacionada sin nudos, perfiles o tubos metálicos o con otros materiales de características y condiciones equivalentes.

7.1.3.2. Los ***puntales*** deben resistir sin hundimientos, deformaciones ni desplazamientos perjudiciales, la combinación más desfavorable de los esfuerzos estáticos derivados del peso del hormigón, de las armaduras y sobrecargas; los esfuerzos dinámicos ocasionados por la colocación y compactación del hormigón; la acción del viento y cualquier otro esfuerzo a que puedan verse sometidos en las condiciones de trabajo, hasta su remoción.

7.1.3.3. Los ***puntales*** deben estar provistos de cuñas, gatos, tornillos u otros dispositivos adecuados, que permitan corregir posibles asentamientos durante las tareas de hormigonado.

7.1.3.4. No se deben usar ***puntales de madera empalmados***, a menos que los empalmes estén fabricados usando piezas metálicas que generen una unión de probada resistencia a los esfuerzos conjuntos de compresión, flexión y pandeo.

7.1.3.5. Los ***puntales no se deben apoyar directamente sobre terrenos erosionables***, sobre suelos que no sean capaces de soportar la carga transmitida a través de ellos sin que se produzca un asentamiento significativo o sobre un suelo que esté congelado.

7.1.3.6. ***En los edificios de varios pisos***, los puntales se deben colocar superpuestos sobre una misma vertical.

7.1.3.7. Para evitar la ***inestabilidad de los puntales***, los mismos se deben arriostrar en diagonal en todos los lugares indicados por los cálculos y los planos generales y de detalle, tanto en planos verticales como en planos horizontales.

7.1.3.8. Los ***puntales*** se deben arriostrar horizontalmente entre ellos, en las direcciones que sean necesarias para mantenerlos en su posición y aumentar su seguridad de resistencia al pandeo, según resulte del cálculo estructural.

7.1.3.9. Los ***accesorios de unión*** y ***sujeción a utilizar*** deben cumplir con los factores mínimos de seguridad establecidos en el artículo 7.3.6.2.

7.2. REMOCIÓN DE ENCOFRADOS, APUNTALAMIENTOS Y ARRIOSTRAMIENTOS. REAPUNTALAMIENTOS

C 7.2. REMOCIÓN DE ENCOFRADOS, APUNTALAMIENTOS Y ARRIOSTRAMIENTOS. REAPUNTALAMIENTOS.

7.2.1. Exigencias generales

7.2.1.1. ***Antes de iniciar las tareas de remoción de los encofrados, apuntalamientos y arriostramientos, la Empresa Contratista debe entregar al Director de Obra un plan general con la secuencia para realizar los apuntalamientos y reapuntalamientos***, incluyendo el cálculo de las cargas que se transfieren a la estructura de hormigón, la fecha en que se deben realizar las tareas y la resistencia obtenida para el hormigón, de acuerdo con lo establecido en el artículo 7.2.2.

7.2.1.2. El ***apuntalamiento y el reapuntalamiento*** deben ser diseñados de manera tal que puedan soportar todas las posibles cargas que les sean transmitidas. Se debe usar un método de análisis racional para determinar tanto el número de pisos que se apuntalarán y reapuntalarán como las cargas que se transmitirán a los distintos pisos, a los apuntalamientos y a los reapuntalamientos, como resultado de la secuencia constructiva adoptada.

C 7.2.1.2. ***El diseño de los encofrados, apuntalamientos, reapuntalamientos y demás elementos de sostén para la construcción de estructuras de edificios de varios pisos debe considerar, aunque no en forma limitativa, los siguientes puntos:***

a) La carga utilizada para el diseño de las losas o elemento estructural, incluyendo sobrecargas, cargas de repartición y otras cargas. Cuando para el diseño de determinados elementos estructurales se haya considerado un coeficiente de reducción de la carga de peso propio o se hayan realizado consideraciones especiales para las cargas constructivas, tales circunstancias deben constar en el análisis, cálculos y planos.

b) El peso propio del hormigón, encofrados, apuntalamientos y demás elementos de sostén.

c) Sobrecargas correspondientes a las diferentes etapas constructivas, como por ejemplo cargas de grúas y equipos o de materiales que se puedan acopiar eventualmente en los pisos.

d) Resistencia especificada para el hormigón de la estructura.

e) Período de tiempo entre el hormigonado de los sucesivos pisos.

f) Resistencia efectiva del hormigón requerida en un determinado piso para soportar las cargas de los apuntalamientos ubicados por encima de la misma.

g) La distribución de las cargas entre losas, puntales originales y puntales del reapuntalamiento al momento de hormigonar, de desencofrar y de remover los puntales de reapuntalamiento.

h) Luces entre apoyos permanentes de las losas y de las vigas y de cualquier otro elemento estructural.

i) Tipo de encofrado y apuntalamiento utilizado, como por ejemplo: puntales individuales y torretas metálicas.

j) Edad mínima a la que se deben realizar las diferentes operaciones en cada piso.

7.2.1.3. La ***remoción*** se debe realizar cuidadosa y gradualmente utilizando métodos y procedimientos que se traduzcan en esfuerzos estáticos, sin aplicación de golpes ni vibraciones, garantizando no dañar la estructura y mantener la seguridad y prestación en servicio para la cual fue proyectada.

C 7.2.1.3. ***El desencofrado de estructuras de hormigón de varios pisos debe ser planificado considerando los apoyos temporarios que se deben colocar en toda la estructura y en cada elemento estructural en particular***. El procedimiento a adoptar se debe analizar previamente a la construcción, y se debe basar en un análisis estructural que tenga en cuenta como mínimo las siguientes premisas:

a) El sistema estructural que se genera en las diferentes fases de la construcción y las cargas constructivas que corresponden a cada fase.

b) La resistencia del hormigón a diferentes edades durante el período constructivo.

c) La influencia de las deformaciones de la estructura y del sistema de apuntalamiento en la distribución de las cargas de peso propio y las cargas constructivas durante las diferentes etapas constructivas.

d) La resistencia y el espaciamiento de los puntales individuales o sistemas de apuntalamiento, como así también el método para ejecutar el apuntalamiento, los arriostramientos, la remoción del apuntalamiento y el reapuntalamiento, incluyendo los intervalos del tiempo mínimo entre las distintas operaciones mencionadas.

e) Cualquiera otra carga o condición que afecte la seguridad o puesta en servicio de la estructura durante su construcción.

Las cargas de origen constructivo frecuentemente son iguales o mayores que las sobrecargas especificadas para la estructura terminada. Por ende, el diseño del apuntalamiento y reapuntalamiento se debe realizar mediante un método de análisis racional, que permita asegurar que a la edad a la que se van a efectuar tales operaciones, la estructura cumpla las siguientes condiciones:

- Que el hormigón de la estructura tenga una ***resistencia adecuada para soportar las cargas realmente aplicadas***.

Que las ***deformaciones del hormigón tengan una magnitud tal que no causen daños permanentes a la estructura***.

7.2.1.4. Una vez ***removidos los encofrados***, la ***Empresa Contratista*** debe continuar el proceso de curado del hormigón que constituye los distintos elementos estructurales, utilizando algunos de los métodos previstos en este Reglamento. En el caso de estructuras de hormigón expuestas a temperaturas extremas, se deberá, además, garantizar una protección térmica al hormigón, adoptando las medidas establecidas en el artículo 4.10.

7.2.1.5. Sobre las ***estructuras de hormigón recientemente desencofradas*** o ***desapuntaladas*** no se deben acumular cargas, materiales ni equipos que hagan peligrar su estabilidad. Cuando este hecho no se pueda evitar, el Director de Obra puede autorizar la excepción, siempre que a su juicio la Empresa Contratista haya adoptado todas las precauciones que garanticen la seguridad de la estructura de hormigón.

7.2.1.6. Con el objeto de ***reducir las flechas por deformaciones lentas del hormigón***, los puntales y elementos de sostén permanecerán colocados, o se los volverá a colocar inmediatamente después de la remoción de los encofrados, y deberán permanecer colocados durante todo el tiempo que sea posible:

- en losas y vigas de luz igual o menor que ***8 m***, se debe colocar un apoyo en el centro de la luz.
- para luces mayores que ***8 m*** se debe colocar mayor cantidad de apoyos.
- para losas de luz igual o menor que ***3 m,*** no se deben colocar apoyos, salvo el caso de espesores de carácter excepcional.

7.2.1.7. En estructuras constituidas por ***combinación de elementos prefabricados*** y ***elementos moldeados en el lugar***, el momento de iniciar la remoción de los encofrados, apuntalamientos y arriostramientos, se debe

regir por la menor de las resistencias efectivas de ambos hormigones, determinadas de acuerdo con este Reglamento y el Reglamento CIRSOC 201-2023.

7.2.1.8. Inmediatamente después que se removieron los encofrados, las ***superficies de hormigón a la vista*** deben ser protegidas para evitar deterioros durante las distintas etapas constructivas de la obra.

7.2.1.9. En ***estructuras pretensadas con armaduras postesadas***, además de cumplimentar todo lo establecido precedentemente, la remoción de los encofrados, apuntalamientos y arriostramientos se iniciará después que se aplicaron esfuerzos de postesado a las armaduras, de intensidad suficiente como para que la estructura sea capaz de resistir su peso propio y las sobrecargas previstas para el proceso constructivo.

7.2.2. Resistencia y plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén

7.2.2.1. Los ***Documentos del Proyecto*** de la obra deben establecer la resistencia efectiva que debe alcanzar el hormigón para que se pueda iniciar la remoción de los encofrados, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén.

7.2.2.2. La ***resistencia efectiva*** indicada en el artículo 7.2.2.1. debe ser la necesaria para que el elemento estructural o sector de la estructura tenga la capacidad portante para resistir las cargas actuantes en el momento en que se realiza la operación, con el grado de seguridad establecido en el Proyecto Estructural.

7.2.2.3. La ***resistencia efectiva*** se determina mediante el ensayo de resistencia de probetas cilíndricas normales, moldeadas durante la ejecución del elemento estructural. Dichas probetas deben ser mantenidas junto a la estructura y curadas en sus mismas condiciones, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6.3.

7.2.2.4. Si los ***Documentos del Proyecto no especifican la resistencia requerida*** de acuerdo con el artículo 7.2.2.1., las operaciones se pueden iniciar cuando la resistencia efectiva del hormigón sea igual o mayor que una de las dos condiciones siguientes:

- El ***70 %*** de la ***resistencia característica especificada***.
- El ***doble de la resistencia*** necesaria para resistir las máximas tensiones que se producen en el momento de la remoción.

C 7.2.2. Resistencia y plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén

7.2.2.5. También se puede ***autorizar el inicio de la remoción de los encofrados***, apuntalamientos, arriostramientos y demás elementos de sostén cuando la ***madurez del hormigón*** de la estructura sea igual o mayor que la madurez requerida para alcanzar las resistencias especificadas de acuerdo con el artículo 7.2.2.1. o el artículo 7.2.2.4, según corresponda. A este efecto es de aplicación lo establecido en el artículo 4.3.3.

C 7.2.2.5. ***La aplicación del criterio de madurez del hormigón requiere datos experimentales obtenidos utilizando los mismos métodos y materiales con los que se va a construir la estructura***. A través de ellos se debe demostrar fehacientemente que, a igual grado de madurez del hormigón, existe una correlación entre la resistencia del hormigón colocado en la estructura y la obtenida por ensayo a compresión de probetas moldeadas y curadas en condiciones de laboratorio, representativas del hormigón colocado en la estructura.

7.2.2.6. En ausencia de la información requerida para aplicar lo establecido en el artículo 7.2.2.1. y en el artículo 7.2.2.4., se puede establecer el momento de la remoción tomando los plazos mínimos orientativos indicados en la ***Tabla 7.1.*** para los encofrados y en la ***Tabla 7.2***. para los apuntalamientos y arriostramientos.

Tabla 7.1. Plazos mínimos para remoción de los encofrados laterales cuando se utilice cemento pórtland normal

Elemento estructural	Temperatura superficial del hormigón			
	≥ 24 ºC	16 ºC	8 ºC	2 ºC
Tabiques (*)	9 h	12 h	18 h	30 h
Columnas (*)	9 h	12 h	18 h	30 h
Laterales de vigas o viguetas(*)	9 h	12 h	18 h	30 h
Encofrados interiores de casetonados, los cuales puedan ser removidos sin perturbar el resto de los encofrados o apuntalamientos:				
• Ancho igual o menor de 75 cm	2 días	3 días	5 días	8 días
• Ancho mayor de 75 cm	3 días	4 días	6 días	10 días
(*) Cuando los encofrados de estos elementos estructurales soporten a su vez encofrados de losas o vigas, el plazo para la remoción de sus encofrados dependerá del plazo establecido para las losas o vigas que se apoyan.				

7.2.2.7. Para ***aplicar los plazos mínimos*** establecidos en las Tablas 7.1. y 7.2., se deben cumplimentar las siguientes condiciones:

a) Proteger y curar la estructura de hormigón de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.10.

b) Empezar a contar el plazo a partir del momento en que la última porción de hormigón se colocó en el elemento estructural considerado, o en los elementos de las luces adyacentes si se trata de una estructura de tramos múltiples.

c) Computar como válidos exclusivamente los días en los que la temperatura media del aire en contacto con la estructura sea igual o mayor que ***10 °C***.

C 7.2.2.7. ***Para aplicar los plazos mínimos establecidos en las Tablas 7.1. y 7.2.*** para la remoción de encofrados laterales, apuntalamientos y otros elementos de sostén, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- ❒ que el hormigón se haya elaborado con un tipo de cemento que tenga el crecimiento de resistencia a edad temprana similar a la de un cemento pórtland normal.
- ❒ que no se hayan utilizado aditivos retardadores del tiempo de fraguado.
- ❒ que el hormigón no se haya colocado a bajas temperaturas.

d) Computar un día de curado cada dos días, en caso que la temperatura media del aire esté comprendida entre ***5 °C*** y ***10 °C***.

❒ que el tiempo acumulado de curado se haya contabilizado como la suma de intervalos del tiempo, no necesariamente consecutivos, durante los cuales la temperatura del medio ambiente circundante al hormigón es igual o mayor de ***10 ºC***.

❒ que el elemento estructural a desapuntalar soporte exclusivamente su peso propio. Esta restricción es válida sólo para los plazos indicados en la ***Tabla 7.2.***

Cuando se utilice un cemento cuyo desarrollo de resistencia es más lento que el cemento pórtland normal (por ejemplo cemento de bajo calor de hidratación) o condiciones constructivas especiales, los Documentos del Proyecto deben establecer los tiempos límite de desencofrado y desapuntalamiento.

Tabla 7.2. Plazos mínimos en días, para remoción de apuntalamientos, arriostramientos y otros elementos de sostén, cuando se use cemento pórtland normal

Tipo de estructura	Sobrecarga estructural menor que el peso propio de la estructura	Sobrecarga estructural mayor que el peso propio de la estructura
❒ Túneles y conductos circulares.	3 días	2 días
❒ Claves de los arcos	14 días	7 días
❒ Vigas principales, vigas secundarias y enviguetados:		
• Luz libre entre apoyos menor de 3 m	7 días	4 días
• Luz libre entre apoyos igual o mayor de 3 m y menor de 6 m	14 días	7 días
• Luz libre entre apoyos mayor de 6 m	21 días	14 días
❒ Losas armadas en una dirección:		
• Luz libre entre apoyos menor de 3 m	4 días	3 días
• Luz libre entre apoyos igual o mayor de 3 m y menor de 6 m	7 días	4 días
• Luz libre entre apoyos mayor de 6 m	10 días	7 días
❒ Sistemas de losas armadas en dos direcciones	El plazo mínimo para desapuntalar depende del momento en que la estructura pueda ser reapuntalada. Dicho reapuntalamiento debe ser colocado inmediatamente después de finalizar la operación de desapuntalamiento.	
❒ Sistemas de losas pretensadas con armaduras postesadas	Tan pronto se aplique el postesado total a las armaduras.	
Cuando se empleen cementos cuya velocidad de desarrollo de resistencia sea menor o mayor que la del cemento indicado en las Tablas 7.1. y 7.2., o cuando se usen aditivos retardadores del tiempo de fraguado, los plazos se deben obtener determinando el grado de endurecimiento del hormigón de acuerdo con lo establecido en los artículos 6.3 y 7.2.2.4.		

7.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS

7.3.1. Presión lateral originada por el hormigón fresco sobre los encofrados

Los ***encofrados***, ***apuntalamientos***, ***arriostramientos y elementos de unión y sujeción*** se deben diseñar para la presión del hormigón fresco recién colocado que se establece en los artículos 7.3.1.1. y 7.3.1.2.

C 7.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENCOFRADOS

C 7.3.1. Presión lateral originada por el hormigón fresco sobre los encofrados

El diseño, construcción y remoción de los encofrados, cimbras, apuntalamientos, arriostramientos y elementos de unión y sujeción, requieren de un análisis y planificación profunda para lograr que los mismos sean seguros y económicos. En este Capítulo 7 sólo se establecen los requisitos mínimos imprescindibles para un diseño seguro de los mismos.

Cuando se aborde el diseño de encofrados, cimbras, apuntalamientos, arriostramientos y elementos de unión y sujección, se deben valorar cada una de las premisas básicas que se mencionan a continuación y que están explícitamente contempladas en distintos artículos de este ***Capítulo 7***:

- El método a usar en obra para colocar el hormigón.
- La velocidad de colocación del hormigón.
- La temperatura del hormigón en el momento de su colocación.
- Los tipos de aditivos químicos utilizados para elaborar el hormigón.
- El uso de vibradores de inmersión o eventualmente el de vibradores de superficie adosados a los encofrados.
- La resistencia efectiva del hormigón, necesaria en el momento de remover los encofrados, apuntalamientos o reapuntalamientos.
- La combinación de esfuerzos de cualquier naturaleza, tanto verticales como horizontales, que al actuar y superponerse produzcan las tensiones más desfavorables, con los cuales se dimensionarán las secciones.
- El diseño de los arriostramientos y sujeciones necesarias para que el sistema de encofrados soporte todas las cargas verticales y horizontales actuantes, hasta que dichas cargas puedan ser soportadas por la estructura resistente de hormigón endurecido.
- El diseño, los materiales y las técnicas constructivas a usar en los encofrados

para que los elementos estructurales, posteriormente a su desencofrado, queden con las formas, dimensiones, alineaciones, alturas y posicionamiento establecidos en los Documentos del Proyecto y con las tolerancias especificadas.

- Los requisitos especiales a tener en cuenta en el diseño y la ejecución de cáscaras, estructuras plegadas, hormigón arquitectónico u otros tipos de estructuras especiales.

- El diseño y la ejecución de los encofrados para elementos estructurales de hormigón pretensado, que permita el libre movimiento del elemento estructural, sin que se dañe durante la aplicación de la fuerza de tesado a las armaduras.

7.3.1.1. Se deben utilizar los diagramas de presiones determinados experimentalmente para iguales condiciones de materiales y proporciones del hormigón, método y velocidad de colocación y compactación del hormigón fresco y tipo de encofrado.

7.3.1.2. Cuando no se disponga del ***diagrama experimental de presiones laterales*** se deben adoptar los valores que resulten de las siguientes expresiones.

a) Hormigón a colocar por cualquier método que no sea impulsión por bombeo:

$$p = \gamma_c h \qquad (7\text{-}1)$$

b) Hormigón a colocar por impulsión por bombeo:

$$p = 1{,}25\ \gamma_c h \qquad (7\text{-}2)$$

siendo:

γ_c la masa unitaria del hormigón fresco, en kg/m^3.

p la presión lateral sobre el encofrado, en kPa.

h la altura del hormigón fresco por encima del punto considerado, en m.

1,25 el factor que tiene en cuenta la presión de la bomba.

El valor de h debe ser tomado como toda la altura encofrada del elemento estructural, o como la distancia entre juntas de construcción cuando el elemento estructural se hormigona en más de una vez, como columnas u otros elementos estructurales en los cuales la velocidad de colocación del hormigón es tan

C 7.3.1.2. ***Cuando se carezca de valores de presiones obtenidos experimentalmente y se utilice hormigón con cemento pórtland normal o de velocidad de fraguado y endurecimiento similar, sin incorporación de aditivos de cualquier tipo que retarden el tiempo de fraguado como efecto principal o secundario, con asentamiento igual o menor de 10 cm y peso unitario de aproximadamente 2400 kg/m^3, se podrá utilizar la presión lateral dada por las siguientes expresiones:***

a) Columnas
Se diseñará con el menor valor de *(p)* **que resulte de las tres** *(3)* **expresiones siguientes:**

$$p = 7{,}2 + 785\ R\ (T + 17{,}8)$$

$$p = 144\ \text{kPa}$$

$$p = 24\ h$$

b) Tabiques, *con velocidad de colocación del hormigón igual o menor de 2 m/h*
Se diseñará con el menor valor de ***(p)*** que resulte de las tres ***(3)*** expresiones siguientes:

$$p = 7{,}2 + 785\ R / (T + 17{,}8)$$

$$p = 100\ \text{kPa}$$

$$p = 24\ h$$

rápida que se termina su hormigonado antes que el hormigón pierda plasticidad.

7.3.1.3. ***Cuando se utilice hormigón de consistencia fluida y muy fluida*** elaborados con aditivo superfluidificante, para diseñar el encofrado se deben tomar las presiones establecidas en las expresiones dadas en el artículo 7.3.1.2.

7.3.2. Cargas verticales

7.3.2.1. ***Las cargas verticales están constituidas por la carga debida al peso propio y a las sobrecargas de diseño***.

c) ***Tabiques,*** *para una velocidad de colocación del hormigón entre 2 m/h y 3 m/h*

Se diseñará con el menor valor de ***(p)*** que resulte de las tres ***(3)*** expresiones siguientes:

$$p = 7{,}2 + 1156/(T+17{,}8) + 244R/(T+17{,}8)$$

$$p = 100 \text{ kPa}$$

$$p = 24\,h$$

siendo:

p la presión lateral sobre el encofrado, en kPa.

h la altura del hormigón fresco por encima del punto considerado, en m.

R la velocidad de colocación del hormigón, en m/h.

T la temperatura del hormigón en el encofrado, en ºC.

d) ***Encofrados deslizantes, sus estructuras de soporte y sus sujecciones***

Se proyectarán y calcularán para soportar la siguiente presión lateral del hormigón fresco:

$$p = c_1 + 524\,R / (T + 17{,}8)$$

siendo:

c_1 el coeficiente igual a 4,79.

p la presión lateral sobre el encofrado, en kPa.

R la velocidad de colocación del hormigón, en m/h.

T la temperatura del hormigón en el encofrado, en ºC.

7.3.2.2. Los ***encofrados horizontales, sus estructuras de refuerzo y sujeciones, los puntales verticales y el arriostramiento diagonal y horizontal que los soporta se deben diseñar para las siguientes cargas verticales mínimas***:

a) Debidas exclusivamente al ***peso propio***:

- ***2,5 kN/m²***, cuando sobre el encofrado ***no transitan equipos***.
- ***3,5 kN/m²***, cuando sobre el encofrado *transitan equipos*.

b) Debidas a la combinación del ***peso propio y la sobrecarga***:

- ***5,0 kN/m²***, cuando sobre el encofrado ***no transitan equipos***.
- ***6,0 kN/m²***, cuando sobre el encofrado ***transitan equipos***.

7.3.3. Cargas horizontales

7.3.3.1. Los ***puntales y sus arriostramientos*** deben ser diseñados para resistir todas las fuerzas horizontales que previsiblemente puedan actuar, tales como: viento, sismo, tensiones introducidas por el tesado de los cables, proyección horizontal de cargas inclinadas, colocación del hormigón y arranque y frenado de equipos.

7.3.3.2. En el caso de ***estructuras de hormigón para edificios***, el valor de la fuerza horizontal total debida a la suma de la acción del viento, la colocación del hormigón, la colocación en forma inclinada del hormigón y las acciones de equipos en cualquier dirección con respecto a la línea del piso, será igual o mayor que los dos ***(2)*** valores siguientes:

- ***1,5 kN/m*** multiplicado por la ***longitud total del borde de la losa expuesto al viento***.
- ***2 %*** del ***total del peso del encofrado*** y del ***hormigón fresco*** a colocar sobre el mismo, tomado como una carga uniforme distribuida por metro lineal de borde de la losa expuesto al viento.

7.3.3.3. Los ***encofrados de tabiques y sus arriostramientos*** deben ser diseñados para absorber como mínimo:

a) La carga de viento especificada en el ***Reglamento CIRSOC 102-2005 "Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las***

Construcciones" hasta tanto esté en vigencia la nueva versión 2023/2024 que se encuentra en desarrollo.

b) Una carga horizontal mayor de ***1,5 kN*** por metro lineal de tabique, la cual se debe aplicar en la parte superior del mismo.

7.3.4. Cargas especiales

7.3.4.1. La Empresa Contratista debe tener en cuenta las condiciones especiales que pueden ocurrir durante la construcción de la estructura de hormigón, tales como:

- colocación en forma ***asimétrica*** del hormigón.
- ***impactos*** que puedan producir los equipos que transportarán el hormigón.
- ***izaje*** de los sistemas de encofrados.
- ***cargas concentradas*** producidas por acopios de las armaduras.
- ***cargas que se produzcan por colgado del encofrado y eventuales acopios*** de materiales de construcción.
- ***adopción de recaudos especiales para el cálculo del encofrado*** y de su apuntalamiento, cuando el encofrado para tabiques tenga una altura o una superficie expuesta al viento mayor que la de uso habitual.

7.3.4.2. Para el caso de ***elementos estructurales o sectores de estructuras pretensadas con armaduras postesadas***, el apuntalamiento, los arriostramientos y las uniones y sujeciones, se deben verificar para los siguientes estados de cargas:

- las ***cargas*** provenientes del hormigonado del elemento estructural.
- las ***cargas*** transferidas durante el proceso de postesado de las armaduras.

7.3.5. Tensiones específicas (unitarias)

7.3.5.1. Las ***tensiones específicas (unitarias) de los materiales a usar en el proyecto*** y el cálculo de los encofrados, cimbras, apuntalamientos, arriostramientos y accesorios que se establecen en el artículo 7.3.6., deben ser fijadas teniendo en cuenta alguna de las siguientes alternativas:

a) Las recomendadas por el fabricante, siempre que estén respaldadas por un informe técnico de

ensayos realizados por una entidad acreditada con reconocida experiencia en el tema.

b) Las obtenidas en forma experimental, ensayando muestras representativas de cada material en un laboratorio acreditado y de reconocida experiencia en el área de cada tipo de material a ensayar.

c) Las establecidas en los ***Reglamentos CIRSOC*** para estructuras metálicas o para estructuras de madera, cuando los mismos puedan ser de aplicación.

d) Las establecidas en las normas IRAM que sean de aplicación.

7.3.5.2. ***Cuando se utilicen sistemas de encofrados, apuntalamientos o unidades prearmadas para encofrar o apuntalar***, se deben adoptar las cargas admisibles especificadas por el fabricante, siempre que las mismas estén respaldadas por un informe técnico de ensayos realizados por una entidad oficial con reconocida experiencia en el tema.

7.3.6. Accesorios para los sistemas de encofrados

7.3.6.1. Los ***accesorios que constituyen los sistemas de encofrados son:***

- las uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas, tales como ataduras, bulones, pernos u otros elementos metálicos.

- los elementos para empalmar puntales o arriostramientos.

- los anclajes para sujeción de los sistemas de encofrados.

- los elementos que permiten colgar los encofrados, puntales o arriostramientos, para su posterior izaje.

7.3.6.2. Los ***factores mínimos de seguridad*** para los accesorios de encofrados y apuntalamientos, basados en la resistencia última de cada tipo de accesorio, se establecen en la ***Tabla 7.3.***

Tabla 7.3. Factor de seguridad mínimo para los accesorios de encofrados y sus apuntalamientos

Tipo de accesorio	Factor de seguridad	Tipo de construcción
❒ Uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas.	**2,0**	Todas las aplicaciones
❒ Anclajes para encofrados	**2,0**	Encofrados y sus apuntalamientos que soporten solamente el peso propio del encofrado y la presión del hormigón
	3,0	Encofrados y sus apuntalamientos que soporten el peso propio del encofrado y del hormigón, peso propio de cargas de construcción e impacto
❒ Elementos para colgar encofrados	**2,0**	Todas las aplicaciones
❒ Insertos de anclajes, usados como atadura	**2,0**	Paneles de hormigón premoldeado, cuando los mismos se usan como encofrados y apuntalamientos

7.4. CAÑERÍAS PARA LA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

C 7.4. CAÑERIAS PARA LA CONDUCCION DE FLUIDOS, INCLUIDAS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

7.4.1. Exigencias generales

C 7.4.1. Exigencias generales

7.4.1.1. ***Tanto las cañerías que se utilicen como sus accesorios*** deben estar fabricados con materiales capaces de resistir sin deterioros el contacto con el fluido que conducen y con el hormigón en el cual están embebidas. Sus diámetros y espesores serán los que correspondan para resistir las temperaturas y presiones de los fluidos que conducen.

C 7.4.1.1. Este Reglamento permite la ***inclusión de canalizaciones, cañerías, y sus correspondientes uniones y accesorios,*** **de** ***cualquier material que no sea perjudicial para el hormigón, dentro de las limitaciones establecidas en este Reglamento, con la condición de que el elemento embebido no reemplace estructuralmente al hormigón cuyo lugar ocupa***.

Cuando se coloquen canalizaciones, cañerías y sus correspondientes uniones y accesorios embebidas en la masa del hormigón, se debe evitar que:

a) Afecten significativamente la resistencia del elemento estructural.

b) Ocupen más del **4 %** del área de la sección transversal usada para el cálculo de la columna o la requerida para su protección contra incendio.

c) Su dimensión externa sea mayor que ***1/3*** del espesor total de la losa, tabique, o viga en que está embebida.

d) Estén espaciadas a una distancia entre ejes menor de ***3 veces*** su diámetro o ancho, según corresponda.

7.4.1.2. La ***temperatura del fluido a conducir*** debe ser igual o menor que ***70 ºC***.

7.4.1.3. En el diseño de los ***elementos estructurales de hormigón que tengan cañerías embebidas en su masa***, se deben considerar los efectos producidos sobre el hormigón por la presión de conducción del fluido y por las expansiones de las cañerías.

C 7.4.1.3. ***Cuando se quiera embeber en el hormigón cañerías especiales que no estén contempladas en este Reglamento, por ejemplo, cañerías de alta presión, cañerías para conducción de sustancias químicas y petróleo, etc, se recomienda realizar estudios especiales basados en las especificaciones que correspondan al sistema de cañerías a colocar***.

7.4.1.4. ***Antes de proceder al hormigonado de la estructura, el conjunto de todas las cañerías y accesorios*** debe ser sometido a ensayos de presiones internas. La presión de ensayo debe ser igual o mayor que una vez y media la presión máxima de servicio, y no menor de ***1,0 MPa***, por encima de la presión atmosférica, y deberá ser mantenida durante un tiempo igual o mayor de ***4 horas***.

Durante el período de prueba no se debe observar pérdida de presión.

En este Reglamento no se requiere el ensayo de presiones internas para las cañerías de desagües o cualquier otra proyectada para resistir presión igual o menor de ***0,01 MPa*** por encima de la presión atmosférica.

7.4.1.5. ***Hasta que el hormigón alcance la resistencia característica de diseño***, solo se permite que por las cañerías circule fluido a temperatura y presión igual o menor de ***30 ºC*** y ***0,3 MPa***, respectivamente.

7.4.1.6. Las ***uniones de las cañerías y accesorios destinados a conducir fluidos a presión***, se deben realizar por soldadura u otros métodos y procedimientos que garanticen igual seguridad. Se prohíben las uniones roscadas.
Los ***trabajos de soldadura*** deben ser realizados por personal debidamente calificado.

7.4.1.7. Las ***cañerías*** se deben fabricar e instalar en forma tal que su colocación no requiera cortar, doblar ni desplazar las armaduras, respecto de los lugares establecidos en los planos y planillas.

7.4.1.8. Este Reglamento prohíbe el uso de ***cañerías de aluminio*** y de aleaciones que lo contengan.

C 7.4.1.8. ***El aluminio reacciona con el hormigón***. En presencia de iones de cloruro también puede reaccionar electrolíticamente con el acero de las armaduras. Por lo tanto, no se deben usar conductos de aluminio para canalizaciones eléctricas, dado que las corrientes erráticas que se pueden originar aceleran la reacción electrolítica aluminio-acero.

7.4.2. Cañerías de acero para la conducción de fluidos

7.4.2.1. En el momento de colocación del hormigón, las ***cañerías deben estar limpias y libres de óxidos, aceites, grasas y cualquier otra sustancia extraña, con tapones en sus extremos***.

7.4.2.2. El ***hormigón*** debe tener una consistencia igual o mayor a la plástica, de acuerdo con el artículo 4.1., ***Tabla 4.1***., y su contenido unitario de cemento debe ser mayor de ***300 kg/m³***.

7.4.2.3. Previamente al hormigonado, ***para sostener a las cañerías en su posición definitiva se deben utilizar exclusivamente elementos macizos de acero, de mortero compacto endurecido o de plástico.*** No se deben emplear elementos constituidos por materiales cerámicos porosos ni de madera. Cuando se utilicen elementos metálicos de sostén, los mismos deben quedar incluidos en el hormigón con un recubrimiento igual o mayor que el especificado en este Reglamento para las armaduras.

7.4.2.4. El ***recubrimiento de hormigón de las cañerías*** debe cumplir con los valores mínimos establecidos en el artículo 7.7.

7.4.2.5. Entre la cañería y el hormigón circundante se debe asegurar el ***contacto directo***. En caso que la cañería deba ser protegida con materiales aislantes, los mismos no deben contener productos capaces de provocar la corrosión de las cañerías.

7.4.2.6. El ***espesor total*** del elemento estructural que contiene a las cañerías debe ser hormigonado de una sola vez.

7.4.2.7. ***Se prohíbe el manipuleo y el almacenamiento de materiales o productos agresivos en las proximidades de las cañerías***.

7.5. TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS DE ENCOFRADOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES TERMINADOS

C 7.5. TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS DE ENCOFRADOS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES TERMINADOS

7.5.1. Exigencias generales

7.5.1.1. Las ***estructuras*** se deben construir con todo ***cuidado*** y ***precisión***, respetando las ***posiciones, niveles*** y ***dimensiones*** indicados en los Documentos del Proyecto.

7.5.1.2. Cuando en los ***Documentos del Proyecto*** no se indiquen tolerancias constructivas más exigentes, se

deben adoptar las tolerancias máximas dadas en los artículos 7.5.2. a 7.5.6.

7.5.2. Estructuras de hormigón armado construidas en el lugar

Las ***tolerancias especificadas*** son aplicables solamente a las dimensiones de los elementos de la estructura de hormigón terminada y a su localización.

7.5.2.1. Variaciones admisibles en la verticalidad

a) En líneas y superficies de columnas, pilares, tabiques y en filos

- Por cada ***3 m*** ***6 mm***
- Máximo en la altura total de la estructura **(*)** ***30 mm***

b) En columnas de esquina a la vista, buñas para juntas de control y otras líneas visibles

- Por cada ***6 m*** ***6 mm***
- Máximo en la altura total de la estructura **(*)** ***15 mm***

(*) Esta tolerancia es para ***estructuras de altura igual o menor que 30 m***. Para estructuras de mayor altura se deben establecer las tolerancias en los Documentos del Proyecto.

c) En columnas o tabiques construidos con encofrado deslizante, las tolerancias respecto a un punto de referencia en la base de la estructura, para cada una de las tres componentes ortogonales de la suma de desplazamientos producidos por translación y rotación del encofrado

- Por cada ***1,50 m*** de altura ***3 mm***
- Por cada ***15 m*** de altura ***30 mm***
- Máximo en la altura total, hasta ***180 m*** de altura ***90 mm***

7.5.2.2. Niveles, medidos a partir de las pendientes y cotas especificadas en los Documentos del Proyecto

a) En las superficies inferiores de losas, techos, superficies inferiores de vigas y aristas de todos los elementos estructurales, medidas antes de quitar los apuntalamientos

- Por cada ***3 m*** ***6 mm***
- Por cada paño o por cada ***6 m*** ***10 mm***
- Máximo en el largo total de la estructura ***20 mm***

b) En dinteles, travesaños, parapetos, buñas horizontales y otras líneas visibles

- Por cada paño o por cada ***6 m*** ***6 mm***
- Máximo en el largo total de la estructura ***15 mm***

c) Altura de los puntos de control en losas inclinadas

- Por cada paño de ***6 m*** ***10 mm***
- Máximo en el largo total de la estructura ***20 mm***

7.5.2.3. Apartamiento con respecto a los ejes constructivos y otras alineaciones indicadas en los planos y posiciones de columnas, tabiques y vigas

- Por cada paño ***15 mm***
- Por cada ***6m*** ***15 mm***
- Máximo para la estructura ***30 mm***

7.5.2.4. Dimensiones de pases y aberturas en entrepisos y tabiques

- Ubicación de los ejes de pases o aberturas ***15 mm***

7.5.2.5. Dimensiones de las secciones transversales de columnas, vigas, tabiques y espesores de losas. (Incluyendo tabiques y columnas construidos con encofrados deslizantes)

- Hasta ***30 cm***
  - En más ***10 mm***
  - En menos ***6 mm***
- Más de ***30 cm***
  - En más ***15 mm***
  - En menos ***10 mm***

7.5.2.6. Fundaciones

a) Dimensiones horizontales

- Con encofrado
  En más ***50 mm***
  En menos ***15 mm***

- Sin encofrado ***80 mm***

b) Error en la ubicación o excentricidad

- ***2 %*** del ancho de la base en la dirección del error pero no más de ***± 50 mm***

c) Espesor de la sección transversal

- En más ***sin límite***
- En menos ***5 %***

d) Para apoyo de construcción de mampostería

- Alineación en ***3 m*** ***± 6 mm***
- Máximo para una longitud total de **15 m** ***± 15 mm***
- Nivel en **3 m** ***± 6 mm***
- Máximo para una longitud total de ***15 m*** ***± 15 mm***

e) Nivel de bases en general

- En más ***15 mm***
- En menos ***50 mm***

7.5.2.7. Escaleras

a) Para cada escalón

- Alzada ***± 3 mm***
- Pedada ***± 6 mm***

b) En un tramo de escalera

- Altura ***± 3 mm***
- Recorrido ***± 6 mm***

7.5.3. Tolerancias en el acabado de superficies de losas

7.5.3.1. Exigencias generales

Las ***depresiones*** y/o protuberancias se deben medir por debajo de una regla rígida de ***3 metros*** de longitud total.

Las mediciones deben ser realizadas el ***día después*** de terminado el piso de hormigón y antes de quitarse el

apuntalamiento, para evitar cualquier influencia de contracción por secado y deformación por alabeo o flexión.

a) Terminación Clase A

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los ***3 mm*** en ***3 m.***

b) Terminación Clase B

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los ***6 mm*** en ***3 m.***

***c)* Terminación Clase C**

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los ***8 mm*** en ***3 m.***

d) Terminación Clase D

Las depresiones entre puntos altos no deben exceder los ***13 mm*** en ***3 m***

7.5.4. Clases y tolerancias de terminación

C 7.5.4. Clases y tolerancias de terminación

7.5.4.1. Losas

Los Documentos del Proyecto se deben especificar las ***tolerancias de terminación seleccionadas***, de entre las siguientes:

a) Terminación Clase A

La superficie será plana con una tolerancia de ***3 mm*** en ***3 m,*** y se verificará con una regla recta colocada sobre cualquier lugar de la losa, en cualquier dirección.

b) Terminación Clase B

La ***superficie será plana*** con una tolerancia de ***6 mm*** en ***3 m,*** y se verificará con una regla recta colocada sobre cualquier lugar de la losa, en cualquier dirección.

c) Terminación Clase C

La ***superficie será plana*** con una tolerancia de ***6 mm*** en ***60 cm***, y se verificará con una regla recta de ***60 cm*** colocada en cualquier lugar de la losa, en cualquier dirección.

7.5.4.2 Superficies encofradas

C 7.5.4.2 Superficies encofradas

Los ***defectos*** e ***irregularidades superficiales***, bruscos o graduales, se controlarán con una regla recta y rígida,

de ***1,50 m*** de longitud, apoyada sobre la superficie a controlar. Los defectos correspondientes a las superficies curvas, serán controlados mediante procedimientos que impliquen exigencias del mismo orden que las enunciadas para las superficies planas.

a) Terminación T-1

Corresponde a las superficies que no quedarán expuestas a la vista, donde la rugosidad e irregularidades no constituyen un inconveniente.

Las depresiones máximas de las superficies no excederán los ***25 mm***.

Las depresiones mayores deberán ser corregidas. No se aceptarán deficiencias que impliquen una reducción de dimensiones fuera de las tolerancias establecidas.

a) Terminación T-1

Tal es el caso de las estructuras que serán cubiertas con suelos u otros materiales de relleno. Para los encofrados no se especifican materiales especiales con tal de que las tablas sean rectas y planas, y los encofrados sean suficientemente estancos como para impedir toda pérdida de mortero durante la ejecución de las estructuras.

Los encofrados se pueden construir con el mínimo de refinamientos, con tal que permitan obtener elementos estructurales de la forma y dimensiones indicadas en los planos.

b) Terminación T-2

Corresponde a las superficies que estén poco expuestas a la vista, o bien a las superficies que serán revocadas.

- ❒ Máxima irregularidad superficial abrupta o localizada admisible ***6 mm***
- ❒ Máxima irregularidad superficial gradual admisible ***12 mm***

b) Terminación T-2

Para posibilitar la obtención de esta terminación, los encofrados se deben ejecutar con cuidado, sin combaduras, faltas de alineación ni de nivel que llamen la atención, ni que resulten fácilmente visibles

c) Terminación T-3

Corresponde a las superficies permanentemente expuestas a la vista y a aquellas para las que el aspecto tiene especial importancia, como elementos estructurales prefabricados y superficies de apoyo de máquinas.

Cualquiera que sea el material con que se construyan los encofrados, no producirán irregularidades mayores que las indicadas a continuación:

- ❒ Máxima irregularidad superficial abrupta o localizada admisible ***3 mm***
- ❒ Máxima irregularidad superficial gradual admisible ***6 mm***

Al observar las estructuras desde una distancia de ***6 m***, el hormigón presentará superficies con diferencias mínimas de color y textura.

En las estructuras expuestas a la vista, los defectos e irregularidades a reparar no excederán de ***1 m²*** por cada ***500 m²*** de superficie, además de las cavidades dejadas por los elementos de fijación de los encofrados.

7.5.5. Estructuras de hormigón ejecutadas con encofrados deslizantes

7.5.5.1. Las variaciones a partir de las dimensiones interiores prescritas para estructuras no circulares, entre caras opuestas, no deben exceder

- Por ***3 m*** de dimensiones especificadas ***± 15 mm***
- Máximo ***± 50 mm***

7.5.6. Tolerancias en juntas

a) Espesores ***± 3 m***

b) Alineación de juntas verticales y nivel de juntas horizontales

- Por cada ***30 m*** de longitud ***± 7 mm***
- Máximo en la longitud total ***± 13 mm***

CAPÍTULO 8. CONTROL DE FISURACIÓN Y RECUBRIMIENTO DE ARMADURAS

8.1. GENERAL

Este capítulo contiene requisitos sobre control de fisuración de las estructuras y recubrimiento de las armaduras de acero. Son de aplicación salvo que un reglamento CIRSOC específico indique lo contrario. En particular, no es aplicable a los reglamentos CIRSOC 201-2023 y al conjunto Reglamentario CIRSOC 800-2019, salvo que lo establezca el Comitente y/o Proyectista Estructural.

Estos requisitos son complementarios a los establecidos en el Capítulo 2.

Todos ellos, los de durabilidad del Capítulo 2 y los establecidos en el presente Capítulo 8, constituyen requisitos mínimos, de cumplimiento obligatorio, para asegurar la vida en servicio y la aptitud en servicio requerida por el Proyecto, con las excepciones indicadas anteriormente.

C 8.1. GENERAL

8.2. CONTROL DE FISURACIÓN

8.2.1. Definición

Este Reglamento establece las aberturas máximas admisibles en todo elemento estructural construido con hormigón simple, armado, reforzado con fibras o pretensado, que esté expuesto a problemas de durabilidad, tenga requerimientos de impermeabilidad o se exijan criterios de tipo estético. También indica los requerimientos mínimos que deben aplicarse para el control de la fisuración.

8.2.2. A los efectos mencionados en 8.2.1, el Reglamento agrupa a las fisuras en tres categorías:

a) Fisuras que afectan la durabilidad y, en consecuencia, reducen la vida útil de la estructura.

b) Fisuras que disminuyen la aptitud en servicio de la estructura (por ejemplo, filtración de agua, transmisión acústica o daños en la terminación).

c) Fisuras estéticamente inaceptables.

C 8.2. CONTROL DE FISURACIÓN

C 8.2.1. Definición

La fisuración es normal en elementos estructurales de hormigón armado sometidos a esfuerzos de flexión, corte y/o tracción, como resultado del estado de cargas actuantes y/o de contracciones restringidas. Los problemas ocurren cuando las fisuras se originan en forma no controlada (impredecible) y/o son de tal magnitud que ocasionan la pérdida de la aptitud en servicio de la estructura.

Para seleccionar materiales componentes y diseñar mezclas con alta estabilidad dimensional, se puede consultar la recomendación ACI 224R-01. sobre el Control de fisuración en estructuras de hormigón.

C 8.2.2. La fisuración de los elementos estructurales puede producirse por diversas causas, entre las que cabe citar:

a) Tensiones de tracción excesivas, provocada por las cargas actuantes.

b) Tensiones producidas por asentamientos o movimientos diferenciales de la estructura.

c) Tensiones de tracción producidas por la contracción por secado del hormigón.

d) Tensiones de tracción producidas por gradientes de temperatura.

Para controlar la formación de fisuras, en el diseño de la estructura se deberán tener en cuenta las acciones antes mencionadas.

8.2.3. El Comitente y el Proyectista Estructural deberán definir la situación esperada según 8.2.2. La categoría de fisuración esperada deberá figurar en los Documentos del Proyecto.

8.2.4. La abertura de fisura estimada por el Proyectista Estructural (abertura de fisura nominal) deberá tener en cuenta las solicitaciones por cargas y las coacciones que se generan en la masa del hormigón durante el enfriamiento y/o secado de la estructura, especialmente en los primeros días después del hormigonado.

C 8.2.4. La abertura de la fisura nominal puede calcularse aplicando las traducciones CIRSOC del código ACI 224R-01 Control de la fisuración en estructuras de hormigón, ACI 224.2R-92 Fisuración de miembros de hormigón en tracción directa, el ACI 350-20 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary, FIB Model CODE 2010 u otros documentos similares según su campo de aplicación.

Las coacciones por enfriamiento y/o secado pueden generar tensiones de abertura de fisura de origen térmico y/o inducidas por el proceso de secado, que dependerán fuertemente de las dimensiones y características del elemento, características del hormigón y las condiciones del medio ambiente.

8.2.5. Abertura máxima de fisuras por problemas de durabilidad en estructuras que no deben conducir, almacenar o tratar agua o efluentes

En estructuras que no deben conducir, almacenar o tratar agua o efluentes, en la superficie expuesta del recubrimiento se admiten fisuras de abertura igual o menor que las indicadas en la ***Tabla 8.1*** para la clase de exposición que corresponda.

Tabla 8.1. Abertura máxima de fisuras (mm) para hormigón armado y elementos de hormigón pretensado con acero adherido para estructuras que no deben conducir, almacenar o tratar agua o efluentes.

Clase de exposición	Hormigón armado o reforzado con fibras (1)	Hormigón pretensado (2)
A1, A2, A3	0,30	0,20
C1, C2	0,20	(3)
M1, M2	0,20	(3)
CL1, Q1	0,20	(3)
CL2, M3, Q2 y Q3, Q4	0,15	(3)

(1) Para la combinación cuasi permanente de acciones.
(2) Para la combinación frecuente de acciones.
(3) No se admiten tensiones de tracción (f_t) en el hormigón en contacto con la armadura de pretensado.

8.2.6. Abertura máxima de fisuras en estructuras que deben retener agua.

En estructuras que deben almacenar, conducir o tratar agua o efluentes cuya exposición resulte ***CL1, Q1 o Q2***, sólo se admitirán fisuras de abertura igual o menor que ***0,15 mm***, que se auto sellen antes de la puesta en servicio de la estructura. En caso contrario las fisuras deben ser tratadas bajo presión hidrostática para eliminar el pasaje de agua.

En estructuras que deben almacenar, conducir o tratar agua o efluentes cuya exposición resulte ***CL2, Q3 o Q4***, se admitirán fisuras de abertura igual o menor que ***0,10 mm***.

Cuando se acepte una pequeña filtración y algunas manchas superficiales, se puede adoptar como límite máximo de abertura de fisura igual o menor que ***0,20 mm***.

C 8.2.6. Abertura máxima de fisuras en estructuras que deben retener agua.

Generalmente es más confiable y económico lograr la estanqueidad de estas estructuras mediante el uso de hormigón de calidad adecuada, el diseño apropiado de juntas y la colocación de armaduras para control de fisuración, que recurriendo a revestimientos superficiales.

La estanqueidad a los líquidos también se puede lograr mediante el uso de hormigón de contracción compensada. Para lograrlo se pueden seguir las recomendaciones 223R-10 Guide for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete y 224.2R-92 Cracking of Concrete Members in Direct Tension.

Con relación a la máxima abertura de fisuras en estructuras que deben resultar estancas, sometidas o no a un gradiente de presión, los requisitos en general varían entre ***0,15 mm*** y ***0,25 mm***. Estos requisitos dependen de las consecuencias que pueden provocar la filtración y la presión del fluido en el elemento:

- Si se permite una pequeña filtración y se aceptan algunas manchas superficiales, se puede adoptar como límite máximo de abertura de fisura que tiende a auto-sellarse ***0,20 mm***. De lo contrario, ***0,10 mm*** puede ser más apropiado.

- Si la filtración debe ser mínima o nula, no se admiten fisuras continuas y debería haber una zona de compresión de al menos ***50 mm***.

El auto-sellado de las fisuras depende de la composición del fluido, del tipo de cemento, del gradiente de presión actuante, del tiempo durante el cual actúa dicho gradiente de presión, etc.

En todos los casos, es recomendable limitar las tensiones de tracción en servicio de las armaduras a los valores indicados por el ACI 350-20 en los artículos 9.2.6 y 10.6. El ancho de las fisuras está esencialmente sujeto a una amplia dispersión, incluso en el cuidadoso trabajo de laboratorio, y está influido por la contracción y otros efectos que dependen del tiempo. El control de la fisuración mejora cuando la armadura está bien distribuida en la zona de máxima tracción en el hormigón. La disposición de varias barras con una separación moderada sometidas a una menor tensión de tracción resulta mucho más efectiva para controlar la fisuración, que la disposición de una o dos barras de gran diámetro de un área equivalente

8.2.7. Estructuras de interés medio ambiental. Abertura máxima de fisuras y requerimientos para su control.

Este artículo aplica a las estructuras que pueden afectar a la salud pública. Incluye, entre otras, a las plantas de tratamiento y conducción de efluentes.

El ancho máximo de fisuras debe cumplir con 8.2.5 y 8.2.6, salvo indicación en contrario por parte del Propietario.

C 8.2.7. Estructuras de interés medio ambiental. Abertura máxima de fisuras y requerimientos para su control.

En estas estructuras es prioritario lograr la aptitud en servicio que asegure la salud pública.

8.2.8. Fisuras estéticamente inaceptables.

El propietario debe establecer la abertura máxima de fisuras que puede ser aceptada por razones estéticas. Dicha abertura deberá ser igual o menor que la establecida en los artículos 8.2.5 a 8.2.7, según corresponda por condiciones de exposición y de aptitud en servicio.

8.2.9. Armadura para control de fisuración por contracciones térmicas y por secado.

8.2.9.1. Las estructuras que deban ser estancas a los líquidos o que sean de interés medio ambiental, deberán tener una armadura mínima por contracción térmica y/o por secado según se indica en la ***Tabla 8.2***. Dichas cuantías están referidas a la sección total de hormigón y valen para acero y alambres conformados.

Las cuantías indicadas en la tabla son de aplicación para distancias entre juntas de expansión y de contracción total. Cuando se apliquen juntas de contracción parcial, las cuantías mínimas se deben determinar a partir de la distancia que resulte de multiplicar la distancia real entre juntas de contracción parcial por ***1,5***.

C 8.2.9. Armadura para control de fisuración por contracciones térmicas y por secado.

C 8.2.9.1. Con el fin de reducir la fisuración que se produce por las contracciones térmicas y por secado, es necesario colocar armadura en dirección perpendicular a la armadura principal.

La Tabla 8.2 reproduce la contenida en el Código ACI 350-20 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary. Las cuantías especificadas fueron establecidas en forma empírica, pero se justifican por la vasta experiencia norteamericana durante mucho tiempo.
Ver también C 8.2.10.1 b) sobre la distancia máxima entre juntas.

Además de las cuantías mínimas de armadura indicadas en 8.2.9, se recomienda que el Proyectista verifique que la abertura de fisura originada por las cargas actuantes y los efectos de las contracciones restringidas por cambios de temperatura y humedad (contracción térmica y por secado), resulte inferior a la abertura máxima admisible según lo indicado en 8.2.5.

La verificación de armadura para control de fisuración debe contemplar las deformaciones inducidas por cambios de temperatura y por secado, tanto a corta como a larga edad. A tal efecto el código EN1992, Eurocode 2, en particular Parte 1-1 "General rules and rules for buildings" y parte 3 "Liquid retaining and containment structures" provee una guía adecuada para la verificación mencionada. Dicha guía contempla:

Tabla 8.2. Cuantías mínimas de armadura para control de fisuración por contracciones térmicas y por secado.

Longitud de la sección (*)	Cuantías mínimas de armadura de contracción térmica y secado (%)		
	Restricción reducida	Restricción normal	Restricción máxima
Menos de 6 m	0,25	0,25	0,50
Entre 6 y 9 m	0,25	Interpolación lineal entre 0,25 y 0,50	Interpolación lineal entre 0,50 y 1,00
9 m o más	0,25	0,50	1,00

(*) La longitud de la sección puede ser: **1)** La distancia entre cualquier combinación de juntas de expansión adyacentes, juntas completas de contracción, o el borde no restringido de un elemento estructural; o **2)** para juntas parciales de contracción y/o juntas de fisuras inducidas, longitud calculada a partir de multiplicar 1,5 veces la distancia entre la junta y la junta de movimiento adyacente o de cualquier otro tipo, o el borde de un elemento no restringido.

El Proyectista deberá definir el grado de restricción que aplica la ***Tabla 8.2***.

8.2.9.2. Para secciones de hormigón con espesor igual o mayor que ***600 mm***, la armadura mínima de contracción y temperatura se puede determinar para la capa de hormigón superficial de ***300 mm*** de espesor en cada cara del elemento.

8.2.9.3. La armadura de contracción térmica y por secado no se debe separar más de ***250 mm*** y el mínimo diámetro de la barra a utilizar debe ser de ***12 mm***. En elementos con más de una capa de armadura, no menos de ***1/3*** del área requerida debe ser colocada en una de las caras del elemento.

8.2.9.4. Las cuantías indicadas en la ***Tabla 8.2*** se deben distribuir en partes iguales en las dos caras del elemento estructural. Donde existan condiciones especiales que cambien apreciablemente la velocidad de secado o enfriamiento de una de las dos superficies, la armadura de contracción térmica y por secado se debe ajustar de acuerdo a la condición mencionada (mínimo ***1/3*** del área requerida en una de las caras del elemento).

8.2.9.5. Cuando se utilice hormigón de contracción compensada para evitar la fisuración se debe colocar una cuantía mínima de armadura igual al ***0,3%***.

1- Estimación de la magnitud de la deformación inducida por las coacciones de origen térmico y la contracción por secado.

2- Estimación de las deformaciones restringidas y del riesgo de fisuración.

3- Estimación de la deformación que provoca fisuración.

4- Determinación de la cuantía de armadura para el control de la distancia entre fisuras y abertura de las mismas.

Para definir el grado de restricción se recomienda consultar el código ACI-350-20, artículo 12.13.

C 8.2.9.3. Para el caso de fundaciones, la armadura por contracción térmica y por secado se puede distribuir ***2/3*** en la cara superior y ***1/3*** en la cara inferior

8.2.10. Juntas para el control de fisuración. Requisitos mínimos.

C 8.2.10. Juntas para el control de fisuración. Requisitos mínimos.

Para el control de fisuración se deben considerar las siguientes variables:

a) Tipo de materiales componentes y proporciones de la mezcla.

b) Cálculo adecuado de armaduras de refuerzo.

c) Proyecto de juntas de movimiento, adecuadamente espaciadas, diseñadas y construidas.

d) Grado de restricción al movimiento.

En el presente artículo se especifican requisitos mínimos relacionados con tipo y diseño de juntas.

8.2.10.1. Tipos de juntas.

C 8.2.10.1. Tipos de juntas.

A continuación, se definen las juntas que se utilizan en general en las estructuras de hormigón:

a) Juntas de contracción: Se crean planos de debilitamiento de la sección a los efectos de forzar la aparición de las fisuras en dichos planos y no en forma aleatoria en cualquier punto del elemento. Dicho debilitamiento se debe materializar con ranuras que posean una profundidad de por lo menos ***10 %*** del espesor en cada cara del elemento. En casos de elementos armados, las juntas se pueden clasificar como “Totales” o “Parciales” según el siguiente criterio:

- En la junta “Total” se interrumpe completamente el paso de la armadura a través de la misma.

- En la junta “Parcial” se permite el paso como máximo del ***50 %*** de la armadura a través de la misma.

En ambos casos, las barras que se interrumpan (o se corten) lo deben hacerse a una distancia aproximada de ***70 mm*** del plano de la junta.

La distancia máxima entre juntas verticales no debe exceder los ***8*** a ***10 metros*** y, en caso de juntas ejecutadas en losas y muros, deben estar alineadas.

b) Juntas de aislamiento y de expansión: Permiten el libre movimiento de secciones adyacentes. En general se colocan cuando se produce un cambio de dirección del muro, en el encuentro de dos o más muros provenientes de diferentes direcciones y/o en las secciones con cambios bruscos en la configuración de la estructura. En elementos extensos se deben ubicar a distancias comprendidas entre los ***35 metros*** y ***100 metros***, con un ancho de junta que varía en general entre los ***20 mm*** y

C 8.2.10.1.b) En el caso particular de las estructuras de interés medio ambiental, el Código ACI 350 “Enviromental Engineering Concrete Structures”, especifica que las juntas de expansión no deben estar separadas a más de ***40 metros***.

25 mm.

c) Juntas de construcción: Pueden ser verticales u horizontales y constituyen planos de debilidad que se forman a partir de la interrupción de las operaciones de hormigonado. En general su ubicación se define antes de la construcción y en el caso que surja una interrupción no prevista del trabajo, dicha junta constituye también una junta de construcción.

8.2.10.2. Ubicación de juntas y requisitos mínimos para el control de fisuración.

Las juntas de contracción, de expansión y de construcción se deben ejecutar en los lugares y de acuerdo con los detalles establecidos en los Documentos del Proyecto.

Previamente a su implementación se deben aprobar los métodos y materiales a emplear en la ejecución de las juntas los cuales deben estar indicados en los Documentos del Proyecto.

C 8.2.10.2. Ubicación de juntas y requisitos mínimos para el control de fisuración.

Las juntas de contracción en tabiques se pueden materializar mediante listones de madera, plástico o metal adheridos a la parte interior del encofrado, generando una ranura y un plano de debilidad en la sección. Adicionalmente se pueden colocar inductores metálicos entre las barras de armaduras principales. La sección debilitada por los inductores y/o ranuras conformadas tanto en la parte externa como interna del tabique, no debe ser inferior a ¼ del espesor total del tabique.

Como regla general se puede indicar que las juntas de construcción deberían coincidir con los lugares proyectados para las juntas de expansión y de contracción. En el caso que la junta de construcción no coincida con una junta de movimiento (junta de expansión o contracción), dicha junta deberá ser tratada a los efectos de lograr una adecuada adherencia entre el hormigón fresco a colocar y el hormigón existente endurecido, y además deberá sellarse tal como lo recomendado para las juntas de contracción y de expansión.

Las juntas de construcción que quedan expuestas al aire durante un cierto período, en espera de la ejecución del elemento de hormigón adyacente, permiten una cierta contracción inicial que contribuye a una disminución de las tensiones inducidas por las restricciones, y como consecuencia reducir la tendencia a la fisuración.

8.2.10.3. En el caso de estructuras estancas, las juntas de contracción, de expansión y de construcción también deben serlo.

8.2.10.4. Sellado de juntas.

En las estructuras destinadas a la retención de líquidos, se debe asegurar la estanqueidad de las juntas de contracción, expansión y construcción.

A tal efecto, en las juntas de movimiento se deben colocar selladores elastoméricos adecuados para desempeñarse en servicio continuamente bajo agua. Para el caso de plantas de tratamiento de agua y

reservorios, se requiere que sean aptos para estar en contacto con agua potable.

En las juntas de construcción se debe asegurar la continuidad y estanqueidad del elemento estructural. Cuando ello no se pueda asegurar se deben colocar selladores similares a los indicados para las juntas con movimiento.

8.2.10.5. Barreras impermeables (Tipo "waterstop")

En las estructuras destinadas a la retención de líquidos y a los efectos de lograr la estanqueidad de las juntas, se deberán colocar barreras impermeables (Tipo "waterstop") de cloruro de polivinilo plastificado (PVC), flexible con alta resistencia a la tracción y gran deformabilidad. Sus dimensiones mínimas serán: largo: ***220 mm***; espesor: ***9,5*** a ***12 mm***.

C 8.2.10.5. Barreras impermeables (Tipo "waterstop")

Las dimensiones detalladas son orientativas, debiéndose seguir las instrucciones del fabricante para la selección definitiva del tipo y de la metodología para su instalación.

8.2.10.6. Barreras de estanqueidad hidro expansivas.

Como alternativa a 8.2.10.5, en juntas de construcción, se pueden colocar perfiles hidro expansivos en base a resinas naturales y sintéticas que aumentan su volumen en contacto con el agua para conformar el sello.

C 8.2.10.6. Barreras de estanqueidad hidro expansivas.

Estos perfiles hidro expansivos poseen secciones transversales del orden de ***20 mm × 10 mm***. Igual que en C 8.2.10.5, se recomienda seguir las instrucciones del fabricante para la selección del tipo de sellador y su metodología de instalación.

8.2.11. Control de fisuración mediante la utilización de hormigón de retracción compensada.

Cuando se utilice hormigón de retracción compensada, se deberán realizar estudios experimentales a los efectos de verificar la inexistencia de contracciones y adicionalmente, que las expansiones no resulten perjudiciales para la integridad del elemento.

C 8.2.11. Control de fisuración mediante la utilización de hormigón de retracción compensada.

A los fines de este Reglamento el hormigón de contracción compensada es sinónimo del hormigón de retracción compensada. Se recomienda seguir las recomendaciones ACI 223 y ACI 224.R.

8.2.12. Control de fisuración mediante la utilización de hormigón precomprimido.

Cuando se utilice precompresión para controlar la fisuración, el Proyectista deberá demostrar que en los elementos estructurales así tratados para las condiciones de servicio no existen tensiones de tracción que puedan fisurar al hormigón.

C 8.2.12. Control de fisuración mediante la utilización de hormigón precomprimido.

Se recomienda consultar el Código ACI 350-20 o el fib Model Code 2010.

8.3. RECUBRIMIENTOS DE ARMADURA

8.3.1. Este artículo 8.3 establece los valores mínimos de recubrimientos de armadura necesarios para evitar la corrosión del acero. Dichos valores están dados en función de las condiciones de exposición y de la vida útil del proyecto.

8.3.2. Los recubrimientos indicados en este artículo 8.3 deben complementarse con los requerimientos establecidos en 2.2.13 y 2.2.14.

8.3.3. Al igual que en el Capítulo 2, en este Capítulo se indica el recubrimiento efectivo (R_{ef}) necesario para evitar la corrosión de las armaduras durante la vida útil de la estructura. Dicho R_{ef} debe asegurarse en cualquier punto de cada elemento estructural.

8.3.4. En los planos del proyecto se debe indicar el recubrimiento nominal (R_{nom}), que se define como:

$$R_{nom} = R_{ef} + \Delta r$$

donde:

Δr es un recubrimiento adicional en función del nivel de control de ejecución, a saber:
- ***0 mm***: para elementos prefabricados con control de ejecución.
- ***5 mm***: para elementos ejecutados in situ con control de ejecución.
- ***10 mm***: para el resto de los casos.

8.3.5. Recubrimientos efectivos mínimos para estructuras no pretensadas hormigonadas in situ

C 8.3.5. Recubrimientos efectivos mínimos para estructuras no pretensadas hormigonadas in situ

En la ***Tabla 8.3*** se especifican los recubrimientos efectivos mínimos para estructuras no pretensadas, hormigonadas in situ.

C 8.3.5. Se indican recubrimientos mínimos siguiendo el formato del ACI 318-19 y del CIRSOC 201-2005.

Tabla 8.3. Recubrimientos efectivos mínimos para estructuras hormigonadas in situ, en función de su vida útil prevista.

Condición	Elementos	Armaduras (mm)	Recubrimiento (mm)	
			50 años	100 años
Hormigón colocado en la base de las fundaciones, en contacto con la capa de hormigón de limpieza *	Todos	Todas	50	60
Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre	Todos	$d_b > 16$	35	40
		$d_b \leq 16$	30	35
No expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo	Losas, tabiques, nervaduras	$d_b > 32$	$\geq d_b$	$\geq d_b$
		$d_b \leq 32$	20 y $\geq d_b$	$\geq d_b$
	Vigas, columnas	Armadura principal	30 y $\geq d_b$	35 y $\geq d_b$
		Estribos	20	20
		Zunchos en espiral	30	35

***** El recubrimiento indicado NO incluye el espesor de la capa de limpieza.

8.3.6. Recubrimientos efectivos mínimos para estructuras pretensadas hormigonadas in situ

En la ***Tabla 8.4*** se especifican los recubrimientos efectivos mínimos para estructuras pretensadas, hormigonadas in situ.

Tabla 8.4. Recubrimientos efectivos mínimos para estructuras pretensadas hormigonadas in situ, en función de su vida útil prevista.

Condición	Elementos	Armaduras (mm)	Recubrimiento (mm)	
			50 años	100 años
Hormigón colocado en la base de las fundaciones, en contacto con la capa de hormigón de limpieza. *	Todos	Todas	50	60
Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre	Losas, tabiques y viguetas	Todas	20	25
	Todos los demás	Todas	30	35
No expuesto al clima ni en contacto con el suelo	Losas, tabiques y viguetas	Todas	20	25
	Vigas, Columnas y tensores	Armadura principal	30	35
		Estribos Zunchos en espiral	20	25

***** El recubrimiento indicado NO incluye el espesor de la capa de limpieza.

8.3.7. Los recubrimientos especificados en las ***Tablas 8.3 y 8.4*** corresponden a estructuras construidas con cemento portland normal.

Cuando se utilicen otros tipos de cemento el Proyectista o el Director de Obra deberá evaluar la necesidad de incrementar dichos recubrimientos.

C 8.3.7. Se recomienda que los fabricantes de cemento y los productores de hormigón realicen estudios comparativos de hormigones elaborados con sus materiales, para determinar los coeficientes de mayoración de los recubrimientos. Para ello deberá determinarse experimentalmente el valor del coeficiente de carbonatación (***K***).

A modo ilustrativo se indican coeficientes que surgen de experiencias con cementos locales ("Correlación entre carbonatación natural y acelerada del hormigón con distintos cementos, 2016", 21 RT AATH, Salta 2016).

Coeficientes de mayoración:
- CPN = 1
- CPF = 1,3
- CPP = 1,15

8.3.8. Los recubrimientos especificados en las ***Tablas 8.3 y 8.4*** deben cumplir también los requisitos establecidos en el Capítulo 2.

Además, cuando existan condiciones de agresividad al hormigón, que hagan prever pérdida del espesor de recubrimiento, el Proyectista deberá evaluar si a lo largo de la vida útil de la estructura el espesor de recubrimiento será suficiente para evitar la corrosión de la armadura.

C 8.3.8. Como antecedente el CIRSOC 201-2005 indicaba que los valores de la Tabla 7.7.1 y 7.7.2, de dicho reglamento, se deben incrementar en:

- ***30 %*** para las clases de exposición ***Q1 y C1*** (ver ***Tabla 2.1***)
- ***50 %*** para las clases de exposición ***CL, M1, M2, M3, C2, Q2 y Q3*** (***Tabla 2.1***)

Dichos incrementos pueden servir de orientación, pero se recomienda realizar el cálculo del recubrimiento de acuerdo a la clase de exposición y tiempo de vida útil de diseño de la estructura.

8.3.9. En ambientes con riesgo de corrosión por cloruros correspondientes a las exposiciones ***CL1 y CL2, M1, M2 y M3***, los recubrimientos indicados en las ***Tablas 8.3 y 8.4*** son mínimos absolutos. Ellos deben verificarse según 2.2.14.

C 8.3.9. Los recubrimientos especificados en este Reglamento pueden ser insuficientes para asegurar la vida útil de diseño. Para lograrla, el Proyectista deberá hacer las verificaciones indicadas en 2.2.14. y según sus resultados, será necesario incluir medidas especiales para disminuir la velocidad de penetración del ión cloruro o establecer estrategias de mantenimiento obligatorias.

8.3.10. Para los elementos de hormigón pretensado, en los que la tensión f_t en la fibra extrema traccionada precomprimida y bajo las cargas de servicio sea mayor que $0{,}7\ f'_c{}^{0{,}5}$, expuestos a ambientes agresivos o corrosivos, o a otras condiciones severas de exposición, el recubrimiento mínimo de la armadura pretensada se deberá incrementar un ***50 %***. Esta exigencia se podrá obviar si se verifica que la zona de tracción precomprimida del elemento, no resulta traccionada bajo la acción de las cargas de larga duración.

C 8.3.10. Se mantiene el criterio del CIRSOC 201-05 indicado para las Clase T o C en el artículo 18.3.3. del mencionado reglamento.

CAPÍTULO 9. HORMIGONES CON CARACTERISTICAS PARTICULARES

9.1. CONDICIONES GENERALES

Lo establecido en los Capítulos 1 a 8 de este Reglamento tiene vigencia para los hormigones especiales que se presentan en este capítulo en todo lo que no se oponga a lo establecido para cada uno de los casos que se tratan en los apartados 9.2 a 9.7.

C 9.1. CONDICIONES GENERALES

Todo lo referente a materiales componentes, propiedades del hormigón fresco, requisitos de durabilidad frente a ambientes agresivos, control de calidad, criterios de conformidad, entre otros, resultan de aplicación salvo que específicamente se indique lo contrario.

9.2. HORMIGON AUTOCOMPACTABLE (HAC)

C 9.2. HORMIGON AUTOCOMPACTABLE (HAC)

9.2.1. Alcance

9.2.1.1. En este artículo se establecen los requerimientos para los materiales componentes, dosificación, producción, transporte, colocación y control del ***Hormigón Autocompactable (HAC***).

9.2.1.2. Las especificaciones en esta sección aplican a toda estructura construida con ***HAC*** simple, armado, pretensado o reforzado con fibras.

9.2.1.3. En este artículo se establecen los requisitos particulares que debe cumplir el ***HAC***, los que tienen prelación sobre las especificaciones equivalentes contenidas en otros Capítulos de este Reglamento.

C 9.2.1. Alcance

C 9.2.1.1 Se acepta el término ***Autocompactable o Autocompactante (HAC)***

9.2.2. Definiciones

Para los efectos de este Reglamento se establecen las siguientes definiciones particulares:

Capacidad de llenado. Capacidad para llenar completamente todas las zonas del encofrado, así como recubrir y fluir a través de las armaduras, sin formación de vacíos y sin necesidad de utilizar vibrado ni otros métodos de compactación externos.

Finos o polvo. Material con partículas de tamaño menor de ***75 μm***. Dicha fracción incluye partículas de cemento, adiciones y agregados.

Mortero. La fracción del hormigón compuesta por la pasta y los áridos menores de ***4,75 mm***.

Pasta. La fracción del hormigón compuesta por los finos, el agua, el aire y los aditivos.

Capacidad de pasaje entre pequeñas aberturas. Capacidad para fluir libremente a través de las

C 9.2.2. Definiciones

armaduras y del recubrimiento, sin indicios de bloqueo del agregado grueso ni otros fenómenos relacionados con la pérdida de homogeneidad (segregación).

Estabilidad. Capacidad del hormigón de conservar sus propiedades en estado fresco, aún con pequeñas variaciones de las propiedades o cantidades de los materiales constituyentes.

Hormigón autocompactable o autocompactante (HAC). Hormigón capaz de deformarse por acción de su propio peso, llenando todos los sectores del encofrado sin necesidad de vibración interna ni externa y con capacidad para sortear obstáculos sin dificultad (por ejemplo: armaduras de refuerzo), sin segregación ni indicios de bloqueo.

Los ***HAC*** que presenten un extendido cercano a los ***55 cm*** pueden requerir una leve compactación para lograr un buen llenado de los encofrados.

Resistencia a la segregación. Capacidad del hormigón de mantener la homogeneidad de la composición en estado fresco.

Segregación Dinámica. Segregación que se produce durante la colocación cuando el **HAC** fluye dentro de los encofrados.

Segregación Estática. Segregación asociada a los fenómenos de sedimentación que pueden producirse una vez que el hormigón se encuentra en reposo dentro del encofrado.

Viscosidad Plástica. Resistencia del material a fluir una vez que entra en movimiento. De acuerdo con el modelo de Bingham, el hormigón se comporta como un sólido (es decir no fluye), hasta que la tensión tangencial aplicada supera un umbral o tensión crítica (τ_0, en inglés "yield stress"). En ese momento, la mezcla comienza a comportarse como un líquido, presentando una relación lineal entre la tensión aplicada y la velocidad de deformación tal como sucede con los fluidos newtonianos. La siguiente expresión representa este comportamiento:

$$\tau = \tau_0 + \mu' \dot{\gamma}$$

siendo:

- $\dot{\gamma}$ la velocidad de deformación, en s^{-1},
- τ_0 la tensión crítica o umbral de cizallamiento, en MPa.
- μ' el coeficiente de viscosidad que se denomina "***viscosidad plástica***", en Pa·s.

Aditivo Modificador de la Viscosidad (AMV). Aditivo que se puede incorporar al hormigón fresco para incrementar su resistencia a la segregación.

Aditivo Reductor de agua - Superfluidificante. Aditivo base policarboxilato que se debe utilizar para el hormigón obtener el extendido especificado.

9.2.3. Requisitos

9.2.3.1. Requisitos en estado fresco

a) Ensayo de extendido

El extendido tiene por objeto evaluar la capacidad de fluir sin obstáculos y se realiza con el cono de Abrams, que se llena sin compactación. El ensayo puede ser efectuado con el cono en posición normal o invertida. Luego de levantar el cono, se mide el diámetro alcanzado por la mezcla. Este valor, denominado extendido, tiene una buena correlación con ***el valor de τ_0 (tensión crítica).*** La fluidez del hormigón autocompactable medida según IRAM 1890-1 dependerá del tipo de elemento a hormigonar, de acuerdo con los siguientes rangos:

- Elementos horizontales comunes (por ejemplo: losas sin exigencias de elevada congestión de armaduras ni dificultad de colocación): El extendido deberá ser de ***560 ± 50 mm***.

- Elementos verticales comunes (por ejemplo: columnas y/o tabiques con moderada/baja congestión de armaduras): El extendido deberá ser de ***630 ± 50 mm***.

- Elementos horizontales y/o verticales muy densamente armados y con requisitos de muy buena terminación superficial (por ejemplo: columnas y/o tabiques y/o losas con elevada congestión de armaduras y con dificultad de llenado): El extendido deberá ser de ***700 ± 50 mm***.

Asimismo, de acuerdo con lo establecido en el anexo de la mencionada normativa, se exige:

- El índice de estabilidad visual en ningún caso podrá ser mayor que ***1*** según la norma IRAM 1890-1. Se rechazarán aquellos hormigones cuyo índice de ***estabilidad visual sea 2 o 3***.

- Se podrá considerar como parámetro de diseño el ***tiempo T_{50}***. En los casos donde se exige una calidad de terminación superficial por tratarse de hormigón visto, el ***tiempo T_{50}*** medido durante el ensayo de extendido libre no podrá ser superior a los ***4 segundos*** (con el cono de Abrams en su posición normal) o ***7 segundos*** (con el cono de Abrams invertido).

C 9.2.3. Requisitos

C 9.2.3.1. Requisitos en estado fresco

Los requisitos específicos para el ***HAC*** en estado fresco dependerán del tipo de aplicación, y especialmente de:

- Condiciones de confinamiento relacionadas con la geometría del elemento a hormigonar, y de la cantidad, tipo y localización de las armaduras, insertos, recubrimientos, etc.

- Ubicación de los equipos (p.e. bomba, vertido directo desde el camión, balde, tolva).

- Métodos de colocación en obra (p.e. posición y cantidad de puntos de vertido).

- Métodos de terminación.

Las características o clases deben ser seleccionadas cuidadosamente, controladas y justificadas en base a la experiencia del Contratista o del Proveedor de hormigón, o como consecuencia de la realización de ensayos previos a escala de laboratorio y de obra.

b) Ensayo de capacidad de pasaje entre pequeñas aberturas

Cuando los requisitos de elevada congestión de armaduras y/o dificultad de pasaje por cambios de formas así lo requieran, la capacidad de pasaje se evaluará con el ensayo de extendido restringido con el anillo "J" (J-Ring Test) cuya evaluación deberá realizarse en un todo de acuerdo con IRAM 1890-2.

- Si existe gran congestión de armaduras y/o dificultad de llenado, la diferencia entre el extendido libre (IRAM 1890-1) y el extendido con el anillo "J" (IRAM 1890-2) deberá ser menor que ***25 mm***.

- En el caso de no existir elevada congestión de armaduras, la diferencia entre ambos ensayos puede ser de hasta ***50 mm***.

- No se aceptará un hormigón autocompactable con diferencias entre los ensayos de extendido libre y extendido con el anillo "J" superiores a los ***50 mm***.

c) Ensayo de segregación estática

Previo a la aprobación de la mezcla de obra, se deberá demostrar en laboratorio que el hormigón autocompactable diseñado tiene un índice de segregación estática inferior a ***10 %*** medido de acuerdo con ASTM C1610-06.

9.2.3.2. Requisitos en estado endurecido

El ***HAC*** deberá cumplir con la clase resistente especificada en los Documentos del Proyecto.

9.2.4. Requisitos para los materiales componentes

C 9.2.4. Requisitos para los materiales componentes

Se debe aplicar el artículo 9.1 con las salvedades detalladas a continuación:

Agregados: El tamaño máximo nominal a emplear en hormigones autocompactables no será mayor de ***19 mm***.

Aditivos: Se deberá utilizar un aditivo superfluidificante de base policarboxilato para obtener el extendido requerido. También pueden utilizarse aditivos modificadores de la viscosidad (AMV). Se deberá demostrar la compatibilidad de los aditivos utilizados con el cemento o material cementicio utilizado en la dosificación, mediante ensayos de laboratorio apropiados.

Fibras: Se pueden utilizar fibras metálicas, poliméricas o de vidrio, siempre que se demuestre mediante ensayos previos que las mismas no afectan las propiedades en

estado fresco y endurecido. (Ver el Capítulo 3 y el articulo 9.3).

9.2.5. Determinación de las proporciones de la mezcla

C 9.2.5. Determinación de las proporciones de la mezcla

En base a los antecedentes, los métodos de diseño se pueden clasificar según los siguientes criterios:

- Aquellos donde la estabilidad se ajusta por medio del contenido de polvo, es decir, alto contenido de pasta.
- Aquellos donde la estabilidad se consigue por medio de AMV y por lo tanto, bajo contenido de pasta (en general sólo cemento portland).
- Aquellos del tipo combinado, donde la estabilidad resulta de un ajuste del contenido de polvo y el uso de AMV.

Los distintos métodos tienen limitaciones relacionadas con los tipos de materiales para los cuales son aplicables o con las características propias de los hormigones que pueden diseñarse. Algunos proponen un procedimiento paso a paso, y otros en cambio proponen límites a parámetros característicos de la mezcla (contenido de agregados, contenido de agua, etc.).

9.2.5.1. Las proporciones de la mezcla serán tales que permitan satisfacer los requerimientos establecidos para el hormigón en estado fresco y endurecido, de acuerdo a lo indicado en el artículo 9.2.3.

9.2.6. Parámetros generales de diseño

C 9.2.6. Parámetros generales de diseño

Existe una amplia gama de diseños que pueden producir ***HAC*** de comportamiento satisfactorio, pero en general hay una serie de parámetros claves que varían dentro de ciertos límites.

Con fines orientativos se resumen a continuación algunos criterios que surgen de antecedentes internacionales y locales:

a) El volumen de agregado grueso es de ***28-34 %*** del volumen de hormigón.
b) Relación agua/polvo en volumen entre ***0,8 y 1,2***. Las mezclas con agentes modificadores de la viscosidad se ubican en el rango superior.
c) El contenido de agua varía entre ***160 y 180 litros/m^3*** para mezclas ***sin AMV***, o hasta ***200 litros/m^3*** con ***aditivos AMV***.
d) Volumen de agregado fino de ***40 a 50 % del volumen de mortero sin aire.***
e) Volumen mínimo de pasta (agua + cemento + adición mineral) excluido el aire, entre 340 y 390 litros /m^3.

9.2.7. Elaboración

La planta interna o externa que provea el hormigón deberá tener capacidad técnica para el diseño y producción de este tipo de mezclas. Deberá cumplir con el ***Modo 1 de producción*** según lo indicado en los artículos 6.1.5 y 6.2.3.1.En el caso de plantas externas, se deberá suministrar a la Dirección de Obra copia de los registros de ensayos de laboratorio, ensayos de control de producción correspondientes a la elaboración del tipo de hormigón del cual se realizó el suministro a la Obra, detallando el lugar de la misma, tipo de elemento estructural hormigonado y nombre del cliente. Dicha información estará certificada por el responsable de la Gerencia de Calidad de la Planta Elaboradora o su equivalente. Asimismo, suministrará cualquier otra información que a juicio de la Dirección de Obra sea necesaria para evaluar la calidad del proceso de elaboración de los hormigones.

9.2.8. Mezclado

Se deberá obtener una mezcla homogénea, de acuerdo al criterio indicado en IRAM 1666.

C 9.2.8. Mezclado

El alto contenido de pasta y la elevada fluidez pueden dificultar la obtención de una mezcla uniforme, conforme indica IRAM 1666. En particular es probable la formación de “bolas” no mezcladas de material que una vez formadas son muy difíciles de deshacer. Dichas “bolas” tienden a formarse con mayor frecuencia cuando se mezcla en motohormigoneras o en mezcladoras de tambor basculante, siendo muy importante la secuencia de introducción de los materiales componentes a la mezcladora. Se han obtenido buenos resultados incorporando el aditivo superfluidificante en el inicio de la carga junto con el ***80 %*** del agua de mezclado.

9.2.9. Transporte

El transporte cumplirá con lo establecido en el artículo 4.4.

Cuando la motohormigonera llegue a pie de obra, antes de proceder a su descarga, se debe realizar un remezclado del hormigón con velocidad de giro del tambor correspondiente a mezclado. El número necesario de revoluciones del tambor se debe determinar de acuerdo con el criterio de cumplimiento de la uniformidad de composición del hormigón producido, establecido en IRAM 1666, pero en ningún caso debe ser menor a ***25 revoluciones***.

La descarga total de la motohormigonera se debe producir con tiempo suficiente para que el hormigón se pueda colocar y terminar con los medios disponibles en la obra antes de haber alcanzado su tiempo de fraguado inicial (IRAM 1662-95). Si no se determina el tiempo de fraguado inicial del hormigón, la descarga del hormigón

se completará dentro de los 90 minutos a contar desde la unión del agua de mezclado con el cemento y los agregados, o la mezcla del cemento con los agregados, o bien antes que el tambor haya dado ***300 giros*** en el caso que esta situación se produzca primero.

9.2.10. Control de calidad

9.2.10.1. Control de recepción en estado fresco.

Con el objeto de realizar el control de la conformidad de los requisitos especificados para los hormigones en estado fresco, el Contratista deberá presentar a la Dirección de Obra para su aprobación un plan de muestreo y ensayos de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 6.

Las propiedades en estado fresco que serán sometidas a verificación de conformidad serán las que se indican a continuación:

- ***Extendido y T_{50}*** según IRAM 1890-1.
- ***Capacidad de pasaje*** según IRAM 1890-2.
- ***Peso de la unidad de volumen***, según IRAM 1562 sin compactación mecánica.
- ***Temperatura***.

La determinación y control del extendido según la norma IRAM 1890-1 se debe efectuar en todos los camiones motohormigoneros que llegan a obra. El resto de los parámetros se verificarán de acuerdo con la frecuencia indicada en el plan de muestreo y ensayos aprobado por la Dirección de Obra.

La muestra sobre la que se verificarán los parámetros en estado fresco se extraerá del camión inmediatamente después de haberse descargado el primer cuarto de metro cúbico del pastón.

Si efectuado el ensayo se obtiene un valor del parámetro de control dentro del rango establecido se debe considerar que el pastón es conforme respecto al parámetro del hormigón fresco ensayado. Para el caso del extendido y capacidad de pasaje se adoptarán los rangos de variación que se indican en el artículo 9.2.3.1 “Requisitos en Estado Fresco”. Para el resto de los parámetros se establecen los siguientes intervalos de variación:

- ***Temperatura***: valor especificado según el Capítulo 5.
- ***Peso de la unidad de volumen: valor teórico ±2 %***

C 9.2.10. Control de calidad

C 9.2.10.1. Control de recepción en estado fresco

Como parámetro indicativo de la viscosidad del hormigón también podrá usarse el Tiempo de pasaje (***Tv***) obtenido mediante el ensayo de “embudo en V”. EN 12350-9.

Si el resultado obtenido se encuentra fuera del rango establecido se considerará que el resultado de ensayo de control es no conforme. Cuando se obtiene un resultado de ensayo de control no conforme, se debe proceder a obtener otra muestra del mismo pastón y a repetir la determinación. Si en este segundo ensayo nuevamente se obtiene un resultado no conforme, se debe considerar que el pastón bajo control es no conforme respecto del parámetro del hormigón fresco ensayado.

9.2.10.2. Control de resistencia

Con el objeto de realizar el control de la conformidad de los requisitos especificados para los hormigones en estado endurecido, el Contratista deberá presentar a la Dirección de Obra para su aprobación un plan de muestreo y ensayos de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 6. El hormigón se considerará de calidad satisfactoria si cumple con los requisitos especificados en dicho capítulo.

Las probetas para el control de la resistencia serán moldeadas sin ningún tipo de compactación mecánica, en una (1) sola capa y se enrasarán con cuchara.

9.2.11. Ajuste de la mezcla en obra

En caso que sea necesario un ajuste en obra a los efectos de cumplir con los requisitos del hormigón en estado fresco, solo se permitirá la incorporación de aditivo superfluidificante a base de policarboxilato. El tipo y cantidad a adicionar, quedará bajo el control y responsabilidad del Contratista Principal y/o de su proveedor de hormigón.

9.2.12. Personal para el control y supervisión

El personal de obra que intervenga en la recepción de los ***HAC*** deberá estar capacitado respecto de los ensayos de recepción especificados, control visual de la mezcla, control de colocación, en especial el control de aspectos relativos a la segregación y bloqueo que se pueden producir.

9.2.13. Encofrados

Se debe aplicar todo lo especificado en el Capítulo 7 de este Reglamento en todo lo que no se oponga a lo mencionado en el presente artículo.

En el diseño del encofrado se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

C 9.2.13. Encofrados

La presión lateral sobre los encofrados depende principalmente de la forma y dimensiones de la estructura, las proporciones de la mezcla, la velocidad de llenado, metodología de llenado (desde arriba o desde la parte inferior del encofrado) y la temperatura ambiente. Los antecedentes indican que el cálculo de los encofrados, cuando se utiliza un ***HAC***, debería basarse en la hipótesis que la presión ejercida por el mismo es aproximadamente igual a la presión

- Será metálico o de madera fenólica.
- Deberá resultar estanco.
- Se deberá considerar la presión lateral ejercida por el ***HAC***.
- Se deberá evaluar el tipo y metodología de aplicación del agente desencofrante y su influencia sobre la terminación superficial en los casos que corresponda y sea una característica especificada

hidrostática de un fluido con una densidad aproximada de ***2,4 kg/dm³***. Esto es así, dado que los ***HAC*** se comportan en forma muy similar a un líquido newtoniano, con muy bajo valor de tensión crítica (yield stress). Sin embargo, otros trabajos indican presiones medidas sobre los encofrados inferiores a las hidrostáticas. Algunos justifican este comportamiento por la fricción del hormigón contra el encofrado y otros por el carácter tixotrópico del ***HAC***. Por ejemplo, un desencofrante demasiado viscoso puede dificultar la eliminación de burbujas de aire con la consecuente disminución en la calidad superficial del elemento.

9.2.14. Colocación

9.2.14.1. Condiciones generales

Se debe aplicar lo especificado en el Capítulo 4 en todo lo que no se oponga a lo mencionado en el presente artículo.

Se evitarán distancias horizontales superiores a diez ***(10) metros.***

La altura de caída libre está fuertemente condicionada por la presencia y congestión de armaduras. En caso de que dicha altura sea superior a la indicada en el artículo 4.6.5.4, en el elemento estructural de prueba (ver el artículo 9.2.17) se deberá verificar la homogeneidad del hormigón colocado a la altura de vertido proyectada, utilizado un método de ensayo dispuesto por el Director de Obra que demuestre la ausencia de signos de segregación, poros, oquedades o cualquier otro defecto de colocación.

9.2.14.2. Colocación por bombeo

Cuando se coloca el hormigón desde la parte superior del encofrado y se desea obtener un buen acabado superficial, se utilizará una manguera flexible que deberá permanecer, preferiblemente, sumergida en el hormigón para minimizar la posibilidad de inclusión de aire. El llenado empezará por la parte más baja del encofrado. Deberá asegurarse un ritmo continuo de hormigonado, evitando el corte en la provisión del material, para lo cual se deberá controlar la velocidad de bombeo.

9.2.14.3. Colocación con balde

En caso que se utilice la colocación mediante balde y tolva se deberá asegurar que el mismo sea estanco para prevenir pérdidas de mortero o pasta durante el transporte y se deberá considerar además que una

C 9.2.14. Colocación

C 9.2.14.1. Condiciones generales

La máxima distancia horizontal que puede recorrer el ***HAC*** sin manifestaciones de segregación depende, no solo de la composición del mismo, sino también de las condiciones de borde que impone el elemento a hormigonar. La velocidad de vertido del ***HAC*** debe ser menor que la de un hormigón convencional. Si la velocidad de colocación es alta, puede dificultar la eliminación de las burbujas de aire, el impidiendo la adecuada compactación.

Entre los ensayos de verificación de la homogeneidad del hormigón pueden usarse métodos que permitan determinar esta propiedad luego de endurecido. Se sugiere la comparación de la homogeneidad en testigos calados a distinta altura del elemento o una inspección mediante ultrasonido por personal calificado.

C 9.2.14.2. Colocación por bombeo

El bombeo desde la parte inferior del encofrado es el que arroja mejor superficie de terminación para cualquier elemento vertical. Este sistema facilita la eliminación de aire y puede permitir un mayor ritmo de bombeo en comparación con el vertido desde la parte superior.

Cuando se coloca el hormigón desde la parte superior del encofrado y se desea obtener un buen acabado superficial, se recomienda, de ser posible, que el extremo de la manguera se mantenga continuamente por debajo de la superficie del hormigón.

estancia prolongada de la masa dentro del balde puede causar bloqueo por tixotropía del material.

Cuando se hormigonan tabiques altos o esbeltos se deberá utilizar una tolva con manguera flexible respetando lo indicado en el artículo 9.2.14.1.

9.2.15. Compactación

Se debe evitar la compactación del hormigón por métodos internos y/o externos. Si se observan defectos de compactación en los elementos ejecutados se deberán modificar los requisitos de diseño de la mezcla de modo que los mismos se adapten al tipo de elemento a hormigonar y a los requisitos de recepción especificados (por ejemplo terminación superficial).

9.2.16. Protección y curado

Se debe aplicar lo especificado en el artículo 4.10 en todo lo que no se oponga a lo mencionado en el presente Reglamento.

C 9.2.16. Protección y curado

La baja capacidad de exudación que caracteriza en general a los ***HAC***, los hace especialmente susceptibles a la fisuración por contracción plástica, en particular en elementos de gran superficie expuesta con relación a su volumen (losas, tableros de puentes, etc.). Por tal motivo se debe prestar atención a la protección y curado de los mismos para evitar o disminuir el riesgo de fisuración.

9.2.17. Elemento estructural de prueba

Previo a la ejecución de la obra, y si el Director de Obra lo requiere, la Contratista Principal en coordinación con el proveedor de hormigón deberá presentar y ejecutar un plan de trabajo que contemple como paso final la realización de un elemento estructural de prueba similar al que figura en los Documentos del Proyecto.

Este plan de trabajo deberá considerar al menos la evaluación de los siguientes ítems:

- Realización de pastones de prueba a escala industrial y verificación de los requisitos en estado fresco y endurecido.
- Transporte del hormigón en camión motohormigonero.
- Redosificación del aditivo superfluidificante a pie de obra.
- Equipo de colocación (bomba, balde, etc).
- Tipo de encofrado y estanqueidad del mismo.

- Metodología de llenado, incluyendo la prueba de homogeneidad para una altura de vertido mayor a la indicada en el artículo 9.2.14.1.

- Tipo y metodología de colocación del agente desencofrante.

- Color y uniformidad del hormigón.

- Terminación superficial del hormigón y su relación con:
  a) Propiedades del ***HAC*** en estado fresco (viscosidad, fluidez)
  b) Tipo de encofrados y agente desencofrante
  c) Forma de colocación del hormigón (desde la parte superior o inferior de los encofrados)

- Capacitación del personal a cargo de los controles de recepción y de la colocación del hormigón.

- Medidas correctivas a aplicar en función de los resultados que se obtienen en el elemento de prueba ejecutado.

9.3. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS

C 9.3. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS

9.3.1. Campo de validez

9.3.1.1. En este artículo se establecen los requerimientos para los materiales componentes, dosificación, producción, transporte, colocación y control del ***Hormigón Reforzado con Fibras (HRF).***

9.3.1.2. Las especificaciones en esta sección aplican a toda estructura construida con hormigón reforzado con fibras, combinado o no con armaduras convencionales.

9.3.1.3. En este artículo se establecen los requisitos particulares que debe cumplir el ***HRF***, los que tienen prelación sobre las especificaciones equivalentes contenidas en otros Capítulos de este Reglamento.

9.3.2. Definiciones

C 9.3.2. Definiciones

9.3.2.1. El ***Hormigón Reforzado con Fibras (HRF)*** es un compuesto que incorpora fibras discretas (discontinuas) distribuidas en una matriz cementícea que puede contener o no agregados gruesos.

Los rangos usuales de fibras varían entre ***0,25 y 1%*** en volumen. En este reglamento se excluyen mezclas en las que el contenido de fibras supere el ***1,5%*** en volumen.

C 9.3.2.1. Al incorporar fibras se modifican las propiedades mecánicas de la matriz. Sin embargo, ni el peso unitario del hormigón, ni las propiedades elásticas ni la resistencia a compresión cambian en forma significativa, salvo que se utilice un alto porcentaje de fibras.

Las fibras controlan la fisuración, otorgan tenacidad y capacidad residual en estado fisurado. En estado límite de servicio permiten reducir el ancho y el espaciamiento entre fisuras,

El ***HRF*** puede usarse solo o en combinación con armaduras convencionales.

Un ***HRF*** se debe evaluar en base a su respuesta (performance) en ensayos de flexotracción como se describe en el artículo 9.3.3. No debe considerarse que la incorporación a cualquier hormigón de un dado tipo y contenido de fibras asegurará dicha performance.

Resistencia de primera fisura (f_L): Módulo de rotura del hormigón al momento de aparición de la primera fisura.

Resistencia residual (f_i): Módulo de rotura del hormigón calculado en base a la fuerza que corresponde a una determinada deformación "i" (flecha o apertura de la boca de fisura) durante el postpico, considerando la sección nominal (como si no estuviera fisurada).

y consecuentemente mejoran la durabilidad. La presencia de fibras atenúa los efectos de la contracción por secado del hormigón, lo que se ha verificado en losas sobre el piso (fisuración, alabeo) y revestimientos de túneles. Las fibras pueden mejorar la resistencia a la erosión, al corte y al punzonamiento. También se pueden incorporar fibras para mejorar el comportamiento en estado límite último donde pueden sustituir en forma parcial o total a las barras de armadura convencional o a las mallas de refuerzo.

Asimismo, se pueden incorporar fibras poliméricas para atenuar efectos como desprendimientos y estallidos debidos a la exposición frente a muy altas temperaturas (incendios).

9.3.2.2. Características y tipos de fibras

Las fibras son elementos de corta longitud y sección delgada de formas diversas; pueden ser de acero, polímeros, carbono, vidrio, de metales amorfos o materiales de origen natural.

Existen fibras que confieren capacidad estructural (macrofibras) y fibras que no poseen función estructural (microfibras). Con las primeras la capacidad post-fisuración crece en función del tipo y contenido de fibras. Las microfibras pueden ser beneficiosas para el control de la fisuración en estado plástico, para brindar cohesión al hormigón fresco y para atenuar efectos de la exposición frente a altas temperaturas (incendio).

A los fines de este reglamento se consideran fibras de acero, fibras poliméricas y fibras de vidrio resistente a los álcalis. Las características de las mismas fueron detalladas en el artículo 3.7.

C 9.3.2.2. Características y tipos de fibras

En la actualidad el diseño estructural de elementos de ***HRF*** se basa en la resistencia residual post-fisuración provista por el refuerzo de las fibras. Para ello se debe garantizar una mínima performance mecánica del ***HRF.*** La misma puede variar notablemente conforme las fibras utilizadas, pero es posible obtener performances similares empleando diferentes fibras.

Diversos documentos como el Anejo 14 EHE-08 (España), el ACI 544.4R:2018 o el *fib* Model Code 2010 incluyen criterios para el diseño estructural de elementos de HRF.

9.3.3. Verificación de la prestación del HRF

La performance del ***HRF*** se establece a partir de su capacidad residual. Se define como resistencia residual a la tensión obtenida a partir de la carga correspondiente a una determinada flecha o apertura de fisura durante el postpico, considerando la sección nominal (sin tener en cuenta la profundidad de fisura).

La resistencia residual se determinará en base a ensayos de flexión realizados sobre prismas de ***150 × 150 × 600 mm*** siguiendo lo establecido en EN14651 o mediante ASTM C1609 o a través de procedimiento CIRSOC equivalente a elaborar.

Por ejemplo, en el caso de EN14651 se obtienen valores de resistencias residuales (f_{R1}, f_{R2}, f_{R3}, f_{R4}) con los que se realiza el cálculo estructural. En el caso de ASTM C-1609

C 9.3.3. Verificación de la prestación del HRF

La norma EN14651 ensaya prismas de ***150×150×600 mm*** cargados al centro de una luz entre apoyos de ***500 mm***, y una entalla de ***25 mm*** de profundidad al centro de la cara traccionada. La apertura de la boca de fisura (CMOD) o la flecha se utilizan para el control de la velocidad de ensayo. Se determina la tensión de primera fisura (f_L) que representa la resistencia a tracción de la matriz (muchas veces coincide con la carga máxima) y dos resistencias residuales calculadas para ***CMOD iguales a 0,5 y 2,5 mm (f_{R1} y f_{R3}).***

Alternativamente puede calcularse la capacidad residual ensayando prismas similares cargados en cuatro puntos siguiendo ASTM C1609. A partir de las cargas postfisuración para flechas iguales al ***1/600*** o ***1/150*** de la luz de ensayo se determinan

se emplean las tensiones residuales f_{600} y f_{150}. Esos valores son los que deben ser especificados por el calculista.

Para determinar la capacidad residual se deben ensayar al menos ***3 prismas para cada HRF***, siendo recomendable utilizar ***5 probetas.***

El uso de prismas de menor tamaño es recomendable en el caso de que la aplicación en cuestión considere el uso de ***HRF*** en capas de menor espesor.

El ***HRF*** a emplear se especificará en base a su capacidad residual en flexión y su resistencia a compresión.

Los criterios para evaluar la resistencia a compresión son los mismos que se aplican al hormigón sin fibras.

Una vez verificada la performance (capacidad residual) requerida por el calculista (según el método adoptado) se deberán indicar las características y dosis de las fibras utilizadas, dato a emplear en el control en obra.

las tensiones residuales f_{600} y f_{150} respectivamente. La norma ASTM C1609 también admite el uso de prismas de menor tamaño. Si bien no se prevé en EN14651, es posible calcular las tensiones residuales f_{R1} y f_{R3} empleando probetas de menores dimensiones. *Giaccio, G., Tobes, J.M. and Zerbino, R. "Use of small beams to obtain toughness parameters of Fibre Reinforced Concrete Following the Guidelines of RILEM TC 162-TDF Recommendation" C& CC, 30,I4, (2008) 297-306.*

Como referencia de la respuesta del ***HRF*** es recomendable determinar la densidad de fibras en las superficies de fractura luego del ensayo de flexión e indicar si se detectó rotura de fibras.

En base a las tensiones residuales tanto en el ACI Committee 544 como en *fib* MC2010 se establecen criterios de cálculo para HRF. El *fib* MC2010 emplea los valores de f_{R1} y f_{R3} determinados según EN14651 y en base a los mismos establece Clases de HRF. Cada clase es representativa de una performance, la cual puede ser obtenida con diferentes tipos de fibras. En el caso del ACI los criterios de cálculo para ***HRF*** se indican en el reglamento ACI 318.

La información sobre el tipo y dosis de fibras empleadas para obtener la performance no solo se empleará para el control en obra, sino que puede resultar de interés para atender otras cuestiones como por ejemplo el control de la contracción (espaciamiento entre juntas, alabeos, entre otras). En este sentido será valioso si se cuenta con experiencias previas ya que pueden existir diferencias entre distintas fibras aun cuando el HRF tenga similar capacidad residual.

9.3.4. Estado fresco

C 9.3.4. Estado fresco

9.3.4.1. Comentarios generales y recomendaciones

C 9.3.4.1. Comentarios generales y recomendaciones

En la elaboración, manejo en obra y control de calidad del hormigón fresco deben respetarse las buenas prácticas establecidas para el hormigón convencional.

Para el diseño de mezclas se deben seguir los criterios de la buena práctica aplicados a hormigones convencionales. No debe agregarse agua para compensar la disminución de fluidez que conlleva la incorporación de fibras, sino recurrir al uso de superfludificantes.

La forma de incorporación, mezclado, compactación deben atender a la distribución homogénea del refuerzo.

Se recomienda elevar ligeramente la cantidad de mortero (***10%)*** ya que las fibras, aun en pequeño volumen, requieren espacio para acomodarse en la masa del hormigón. Asimismo, por tratarse de un hormigón de alta performance, es recomendable el uso de reductores de agua.

Con buenas prácticas constructivas y dosis de fibras adecuadas no debieran ocurrir problemas de segregación o distribución no homogénea de las fibras. La segregación de las fibras puede dar lugar a la formación de "bolas" o "erizos". Si los mismos son pocos y se detectan, se pueden retirar y no se generan mayores inconvenientes. Por el contrario, si se produce una formación excesiva de erizos o permanecen dentro de la mezcla, no se alcanzarán las prestaciones buscadas.

9.3.4.2. Elaboración

Es conveniente que las fibras se incorporen dispersas junto con los agregados. Deben preverse básculas o elementos de control que garanticen la dosificación de fibras buscada. Nunca se deben incorporar fibras como primer material en la mezcladora. En cualquier caso, se debe evitar su incorporación abrupta o cualquier otra condición que favorezca su segregación, formación de erizos o mala distribución.

Una vez incorporadas las fibras el mezclado debe prolongarse algunos minutos (***4 o 5***) más que en el hormigón convencional para favorecer su distribución homogénea dentro de la masa del hormigón. Se recomienda no cargar las motohormigoneras en exceso.

C 9.3.4.2. Elaboración

La consigna es asegurar que las fibras se distribuyan en forma homogénea en el pastón. Con los cuidados adecuados también pueden incorporarse las fibras sobre el hormigón fresco.

Es recomendable dosificar en base al número de bolsas o cajas enteras en las que las fibras se suministran.

9.3.4.3. Colocación y compactación en HRF

Se debe evitar el transporte adicional y se deben verificar los equipos con anticipación si nunca se usó ***HRF***. La velocidad de vertido debe ser tal que se eviten interrupciones.

El ***HRF*** puede ser bombeado siguiendo los criterios generales empleados para hormigón convencional (ver el Capítulo 4).

El medio de compactación más efectivo es el vibrado externo (mesas vibrantes, de encofrado, de superficie). La compactación manual es inaceptable y, en lo posible, debe evitarse el vibrado interno.

También es posible el uso de mezclas autocompactables reforzadas con fibras (ver el artículo 9.1).

C 9.3.4.3. Colocación y compactación en HRF

En términos generales, los criterios de compactación y los métodos de enrasado y terminación aplicados en hormigón convencional pueden extenderse al caso del ***HRF***.

Elementos de secciones delgadas o las condiciones de llenado (el flujo del hormigón, lugar de descarga, medio de compactación) pueden dar lugar a orientaciones preferenciales. Dicha orientación puede ser beneficiosa y aprovechada o no conforme el caso. Esto debe tenerse en cuenta en el cálculo, al llenar los elementos estructurales y en verificaciones posteriores del **HRF** (testigos).

9.3.5. Control de HRF

El criterio de aceptación y recepción del **HRF** se basa en verificar el tipo y contenido de fibras y la resistencia a compresión de la mezcla.

El tipo y contenido de fibras debe ser consistente con la dosis y tipo de fibras antes verificada mediante el ensayo flexión (ver el artículo 9.3.3).

En el caso de utilizar motohormigoneras, la diferencia entre el contenido de fibras sobre muestras extraídas del ***primer y último ¼ del camión*** debe ser menor que el ***10 %***.

Para control de las propiedades del hormigón fresco se pueden usar diversos métodos según las características del ***HRF*** y su forma de compactación (ver los Capítulos 4 y 9 según corresponda, remoldeo VB, Asentamiento, Mesa de Graf, Extendido, V funnel).

C 9.3.5. Control de HRF

Los métodos de ensayo para verificar la resistencia a compresión, al igual que los criterios de aceptación o rechazo y tolerancias serán los mismos aplicados para el hormigón convencional.

Para el recuento de cantidad de fibras se toma y pesa una muestra del ***hormigón fresco de aproximadamente 8 kg***, se lava y se separan las fibras mediante un método apropiado; las fibras de acero pueden colectarse fácilmente mediante un imán, las fibras de vidrio o poliméricas se pueden separar por flotación y tamizado.

Una vez adoptado y caracterizado el ***HRF***, se debe disponer de la siguiente información para verificación y control:

- Tipo y designación de las fibras (indicando geometría, en especial largo y diámetro, ficha técnica / certificado de calidad de las fibras).
- Dosis de fibras.
- Dosificación del hormigón.
- Resistencia a compresión y capacidad residual del ***HRF***.
- Trabajabilidad (estableciendo qué método de ensayo y tolerancia).

9.3.6. Criterios para conformidad

Se debe verificar que:

- Dosis de fibras: El contenido de fibras determinado sobre el hormigón fresco no puede diferir en ***± 10 % respecto al especificado.***
- Trabajabilidad y otras propiedades del hormigón fresco: se deben cumplir las condiciones establecidas para un hormigón sin fibras (ver el Capítulo 6).
- Resistencia a compresión: se deben cumplir las condiciones establecidas para un hormigón sin fibras (ver el Capítulo 6).

9.4. HORMIGÓN PROYECTADO

9.4.1. Campo de validez

9.4.1.1. Este artículo se refiere al hormigón a base de cemento pórtland, colocado por medios neumáticos sobre una superficie mediante el sistema de proyección "vía húmeda", utilizado como material soporte del terreno de excavación.

9.4.1.2. ***Las especificaciones en este artículo aplican a toda estructura construida con hormigón proyectado simple, armado o reforzado con fibras.***

9.4.1.3. Los Documentos del Proyecto deberán indicar las resistencias efectivas requeridas a corta edad y a la edad de ***28 días.***

C 9.4. HORMIGÓN PROYECTADO

C 9.4.1. Campo de validez

C 9.4.1.1. Los lineamientos generales del presente capítulo pueden aplicarse al sistema de proyección "vía seca", cuyo uso es poco frecuente en Argentina. Sin embargo, en tal caso deberán considerarse cuestiones específicas relativas a la elaboración y colocación que pueden diferir del método "vía húmeda". Mayores detalles pueden obtenerse en la recomendación ACI 506.

9.4.1.4. En este artículo se establecen los requisitos particulares que debe cumplir el hormigón proyectado, los que tienen prelación sobre las especificaciones equivalentes contenidas en otros Capítulos de este Reglamento.

9.4.2. Definiciones

A los efectos de este Reglamento se establecen las siguientes definiciones particulares.

Hormigón o mortero proyectado: Mezcla de cemento, agregados y agua que se proyecta en forma neumática desde una boquilla hacia su lugar de colocación para producir una masa densa y homogénea. El hormigón o mortero proyectado incorpora normalmente aditivos y puede incluir adiciones minerales y/o fibras.

Proceso por vía húmeda: Técnica en la que el agua, cemento y los áridos para un pastón, previamente mezclados, se introducen en el equipo de proyección. Habitualmente el aditivo acelerador se introduce en la boquilla del equipo.

Capa: Espesor de hormigón o mortero proyectado, formado por un número de pasadas de boquilla.

Rebote o rechazo: Material que habiendo sido proyectado a través de la boquilla y golpeado contra la superficie, no se adhiere a ella.

Boquilla: Dispositivo a través del cual se proyecta la mezcla.

Resistencia potencial del hormigón: Es la resistencia obtenida en ensayos de rotura a compresión de probetas de ***150 mm*** de diámetro, moldeadas con el hormigón antes de la incorporación de los aditivos reguladores del tiempo de fraguado y/o grado de endurecimiento.

Resistencia efectiva del hormigón proyectado: Es la resistencia obtenida en ensayos de rotura a compresión de testigos de ***100 mm*** de diámetro, obtenidos del hormigón proyectado luego de la incorporación de los aditivos reguladores del tiempo de fraguado y/o grado de endurecimiento.

9.4.3. Requisitos para los materiales componentes

Se debe aplicar lo indicado en el artículo 9.1 con las siguientes salvedades:

- Se emplearán aditivos fluidificantes y/o superfluidificantes. Por razones de colocación se podrán utilizar aditivos reguladores del tiempo de

C 9.4.3. Requisitos para los materiales componentes

Los ***aditivos acelerantes*** se utilizan principalmente para ayudar a la colocación del hormigón mediante la aceleración del fraguado normal de la mezcla y también pueden acelerar el desarrollo de resistencia inicial. La sobredosis de un acelerador del fraguado puede retardar la

fraguado y del endurecimiento del hormigón, como así también aditivos incorporadores de aire para el caso de exposición a congelación y deshielo.

- Previo a su utilización en obra se evaluará la compatibilidad del aditivo y el cemento a emplear, mediante la realización de ensayos de laboratorio.

- Los agregados cumplirán los requerimientos generales establecidos en el artículo 3.2 del Capítulo 3. Además:

  a) El agregado fino tendrá una granulometría comprendida dentro de los límites de las curvas ***A y B de la Tabla 3.3*** (artículo 3.2.3.2). El módulo de finura no debe ser menor de ***2,3 ni mayor de 2,8.***

  b) Según el tamaño máximo a emplear el agregado total combinado tendrá una granulometría continúa comprendida entre los límites que se detallan en la ***Tabla 9.1***.

  c) Se admitirán agregados que no cumplan los requisitos especificados en a) y b), si se demuestra en pruebas a escala de obra, que el comportamiento en estado fresco y endurecido resultan satisfactorios, según los Documentos del Proyecto o este Reglamento.

velocidad de desarrollo de la resistencia y comprometer la durabilidad del hormigón, por lo que se deben respetar las recomendaciones del fabricante.

Los aceleradores de fraguado se añaden al hormigón en la boquilla o en la manguera de distribución de hormigón proyectado por vía húmeda.

Tabla 9.1. Límites granulométricos para hormigón proyectado

Tamices IRAM 1501, Parte II-76	% que pasa, en masa	% que pasa, en masa
12,5 mm	95-100	--
9,5 mm	90-100	100
4,75 mm	70-85	95-100
2,36 mm	50-70	80-98
1,18 mm	35-55	50-85
600 µm	20-35	25-60
300 µm	8-20	10-30
150 µm	2-10	2-10

9.4.4. Requisitos en estado fresco y de resistencia y durabilidad

a) ***Resistencia***: Tanto la resistencia potencial evaluada en probetas (sin aditivos reguladores del tiempo de fraguado y/o grado de endurecimiento) como la resistencia efectiva a la edad de ***28 días*** serán iguales o mayores que la especificada en los Documentos del Proyecto o de ***25 MPa***, la que sea más elevada.

C 9.4.4. Requisitos en estado fresco y de resistencia y durabilidad

Para mezclas que no poseen aditivos aceleradores de fraguado y/o resistencia, ***se recomienda que el asentamiento a su llegada a obra esté comprendido entre 6 cm y 10 cm***. Para mezclas con aditivos aceleradores de fraguado y/o resistencia puede resultar más adecuado el uso de mezclas de mayor fluidez.

b) ***Resistencia efectiva a edad temprana***: La resistencia a compresión efectiva será igual o mayor que la indicada en los Documentos del Proyecto. Si el Proyecto no lo indica será igual o mayor a ***6 MPa*** a la edad de ***12 horas***. Podrán requerirse ensayos a edades distintas de la indicada siempre que sea mayor a ***12 horas***

Para aquellas zonas de la estructura que estarán bajo la napa de agua durante la vida en servicio de la estructura o durante parte de la misma, se podrá exigir la incorporación al hormigón de un aditivo impermeabilizante en masa, según dosis recomendada por el fabricante.

c) ***Contenido de cemento***: El hormigón proyectado deberá tener un contenido de cemento comprendido entre un mínimo de ***380 kg/m³*** y un máximo de ***480 kg/m³*** de hormigón compactado.

d) ***Relación agua cemento:*** La mezcla de hormigón proyectado tendrá una relación agua/cemento en peso que no excederá de ***0,50***.

e) En los casos que el hormigón de la estructura esté expuesto a una ***clase de exposición C1*** según la ***Tabla 2.2*** del Capítulo 2 (congelación y deshielo), la mezcla de hormigón proyectado tendrá un contenido de mínimo de ***7 % de aire intencionalmente incorporado***, medido antes de su aplicación.

C 9.4.4.e) Se recomienda no superar el ***9 % de aire intencionalmente incorporado*** para evitar una caída importante de resistencia.

f) Se podrán incorporar ***micro-fibras de polipropileno*** para mejorar el comportamiento del hormigón proyectado frente al fuego y limitar la fisuración.

g) Se podrán utilizar fibras de acero, ***macrofibras poliméricas o macrofibras de vidrio*** para mejorar la resistencia a la flexión y tenacidad del hormigón proyectado.

9.4.5. Determinación de las proporciones de la mezcla

9.4.5.1. Las proporciones de la mezcla serán tales que permitan satisfacer los requerimientos establecidos para el hormigón con capacidad para ser colocada sin rebote o segregación excesiva y capaz de desarrollar la resistencia requerida.

9.4.5.2. Para ajustar la mezcla se elaborarán pastones con distintos contenidos de cemento y distintas dosis de aditivo acelerante de fraguado. Por cada pastón de prueba se fabricarán paneles de prueba utilizando para ello el equipamiento y las condiciones que se presentarán en la obra. Las dimensiones mínimas, procedimiento de colocación y curado del panel se realizará conforme indica la norma IRAM 1896. Sobre cada panel se realizarán las siguientes pruebas y ensayos:

.

a) Para verificar requerimientos de resistencia a larga edad, se ***extraerán 4 testigos de 100 mm*** de diámetro en ángulo recto con el plano del panel,

como mínimo ***2 horas*** antes del momento del ensayo. No se extraerán testigos de la porción del panel cercana a su perímetro exterior, hasta una distancia del borde equivalente al espesor del panel más ***25 mm.*** Los testigos serán ensayados y corregidos por esbeltez según la norma IRAM 1551. Los ensayos se realizarán ***dos (2) a los 7 días y los otros dos (2) a los 28 días.***

b) Para verificar los requerimientos a temprana edad se extraerán ***3 testigos de 100 mm de diámetro***, siguiendo lo establecido en el apartado a), ***2 horas antes de la edad de ensayo.***

9.4.5.3. El pastón será considerado de resistencia satisfactoria si la resistencia a la ***edad de 28 días***, obtenida promediando los resultados de los ensayos de los testigos extraídos del panel de prueba corregidos por esbeltez, es igual o mayor que 0,85 de la especificada en los Documentos del Proyecto. En ningún caso será inferior a ***21,3 MPa***.

9.4.5.4. La ***resistencia efectiva a edad temprana*** (12 horas o lo que se especifique) será igual o mayor que la indicada en los Documentos del Proyecto. Si el Proyecto no lo indica ***será igual o mayor que 6 MPa.***

9.4.6. Ejecución

9.4.6.1. El ***hormigón proyectado*** se ejecutará mediante el procedimiento de colocación por vía húmeda.

9.4.6.2. Cuando se está trabajando bajo el nivel de napa freática, debe asegurarse la depresión de la misma durante la ejecución del hormigón proyectado y durante los ***veintiocho (28)*** días posteriores.

a) ***Personal***: La Dirección de Obra deberá verificar la experiencia e idoneidad del operador.

b) ***Equipos***: El equipamiento a emplear asegurará las proporciones que se han establecido para la mezcla, con una desviación mínima de la misma, y permitirá conseguir una mezcla uniforme y homogénea.

c) ***Preparación de superficies***: Las superficies a las cuales se le aplicará hormigón proyectado deberán estar libres de materiales sueltos, barro y/o materias extrañas. Estas superficies se mantendrán saturadas desde el momento de completar la limpieza, hasta que se aplique el hormigón proyectado.

El espesor de todas las capas de hormigón proyectado se verificará mediante el colocado previo de espigas de ***6 mm de diámetro*** o por otros métodos aprobados.

C 9.4.6. Ejecución

C 9.4.6.2. Se recomienda adoptar medidas para asegurar que ningún sistema de suministro entregue aire contaminado con aceite, o que no sea capaz de mantener una presión constante. El equipo del aplicador, incluyendo la manguera y la tobera o pistola, se mantendrá en perfectas condiciones en todo momento, y se lo reemplazará cuando se observe falta de uniformidad en el flujo de material. Se limpiará cuidadosamente todo el equipo por lo menos una vez por turno.

Se recomienda que el hormigón se bombee mediante bomba de pistón hasta la boquilla de proyección, donde se halla la reducción de sección. En la boquilla se añadirá aire a una presión del orden de ***5-7 bar*** y a razón de ***7-15 m³ por minuto.*** Con ello se consigue incrementar la velocidad del hormigón y su compactación y adherencia a la superficie sobre la que se proyecta. Asimismo, en la boquilla se añadirán también los aditivos acelerantes de fraguado. Se cuidará especialmente que la posición de la boquilla de proyección se mantenga lo más perpendicular posible a la superficie de proyección con objeto de disminuir el rebote. El ***máximo rebote*** se obtiene proyectando a ***45º***, y

Las superficies deberán ser suficientemente duras para evitar la erosión debido a la operación de proyectado del hormigón, de lo contrario puede ser necesario su tratamiento previo.

Para prevenir el lavado del hormigón recién colocado debido a filtraciones, éstas se deben controlar usando conductos que canalicen el agua. Sólo se podrá proceder a la colocación luego de eliminar las filtraciones de agua de los sectores donde se realizará la proyección.

d) ***Aplicación***: El hormigón proyectado se aplicará de manera tal que no se deforme ni se desprenda. Las mallas y los refuerzos se fijarán en forma rígida para evitar que se produzcan movimientos durante el proyectado.

Al iniciar o interrumpir la operación de proyectado o cuando el flujo de la boquilla sea irregular, esta será desviada del área de trabajo.

El hormigón será proyectado con un ángulo lo más normal posible a la superficie, manteniendo la boquilla a una distancia aproximada de ***0,90 m*** a ***1,50 m del sitio de colocación***. En la boquilla se mantendrá una presión de aire del orden de ***3 kg/cm²*** y el agua tendrá una presión uniforme que será por lo menos de ***1 kg/cm²*** superior a la presión de aire. Si la salida del material por la boquilla no es uniforme, o si se produjeran nidos de arena o áreas de afloramiento de agua, el trabajo se suspenderá hasta que se corrijan los problemas que originan tales anomalías. Toda área defectuosa será reparada a medida que avancen los trabajos.

Durante el proceso de colocación del hormigón proyectado se cuidará de mantener el frente de trabajo libre de material rechazado, el cual será retirado a medida que el trabajo adelante.

El material de rechazo no se incorporará a la construcción ni se volverá a utilizar en el trabajo. El rebote se mantendrá en valores mínimos, por debajo del ***30%.*** Los trabajos de proyección se interrumpirán o no se iniciarán cuando la temperatura ambiente sea inferior a ***5°C.***

e) ***Curado***: El hormigón proyectado será curado con membrana de base solvente o con agua durante un período mínimo de ***7 días*** después de su colocación. El curado comenzará a los ***30 minutos*** de finalizadas las tareas de aplicación del mortero u hormigón. En el caso que se empleen membranas de curado, las mismas cumplirán las características establecidas en IRAM 1675.

disminuye progresivamente hasta ***90º***, donde se minimiza. La distancia se regulará de modo que no exceda de ***1,5 m***. Simultáneamente, se recomienda proyectar a distancias no inferiores a ***0,5 m***, por razones de rebote.

En caso de utilizarse la membrana de curado, la misma deberá ser removida totalmente antes de aplicar sobre la superficie cualquier tipo de recubrimiento.

9.4.7. Control de calidad

a) Control de recepción en estado fresco

Con el objeto de realizar el control de la conformidad de los requisitos especificados para los hormigones en estado fresco, el Contratista deberá presentar a la Dirección de Obra para su aprobación un plan de muestreo y ensayos de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 6.

b) Control de resistencia

Resistencia potencial en probetas

Con el objeto de realizar el control de la conformidad de los requisitos especificados para los hormigones en estado endurecido, el Contratista deberá presentar a la Dirección de Obra para su aprobación un plan de muestreo y ensayos de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 6. El hormigón se considerará de calidad satisfactoria si cumple con los requisitos especificados en citado Capítulo.

Resistencia efectiva en testigos

El control de la resistencia efectiva del hormigón proyectado deberá llevarse a cabo mediante la extracción de testigos calados de paneles de ensayo confeccionados al efecto o bien de la estructura definitiva (previo requerimiento o autorización de la Dirección de Obra).

La frecuencia mínima de control será la siguiente. Para los primeros ***50 m²*** de superficie proyectada y posteriormente con una frecuencia de ***una (1) vez*** cada ***250 m²*** de superficie hormigonada y como mínimo una (1) vez por día, se fabricarán paneles de ensayo con el objeto de verificar el cumplimiento de los requisitos de resistencia a compresión mediante la extracción y ensayos de testigos a edad temprana y a ***28 días***, según lo especificado en el artículo 9.4.4. Complementariamente se podrán ensayar testigos a la edad de ***7 días*** para evaluar de manera anticipada las características resistentes del hormigón colocado.

Los paneles de ensayos se fabricarán en el frente mismo de hormigonado utilizando el equipamiento y las condiciones de aplicación de obra. De cada panel de ensayo se extraerán al menos ***4*** testigos de ***100 mm*** de diámetro en ángulo recto con el plano del panel.

C 9.4.7. Control de calidad

C 9.4.7.b). La norma IRAM 1896 indica dimensiones mínimas, procedimiento de colocación y curado para tal fin.

La frecuencia de control depende del tipo de proyecto, importancia de la estructura y el volumen total de hormigón proyectado involucrado. La frecuencia de las pruebas se puede especificar tomando como base el volumen de hormigón proyectado, la superficie ejecutada o el tiempo transcurrido en relación a la duración del proyecto.

Los ensayos de control pueden incluir otro tipo de evaluaciones tales como medición de espesores, densidad y absorción, determinación del módulo de rotura a flexión y tenacidad en vigas, penetración de agua a presión, etc.

Valen las consideraciones realizadas en el artículo 6.4.2 e) que se reiteran a continuación:

La extracción de los testigos, su preparación para el ensayo de resistencia y la corrección de los resultados por esbeltez, se deben realizar según IRAM 1551. El ensayo a la compresión se realizará según IRAM 1546. El encabezado se realizará según IRAM 1553 o IRAM 1709. Cuando el encabezado se realice con mortero de azufre o cemento, se aplicarán los coeficientes de corrección de IRAM 1551. Cuando el encabezado se realice con placas de neopreno, se podrán utilizar los coeficientes de IRAM 1551, de lo contrario, se deberán determinar experimentalmente.

El control del endurecimiento a edad temprana menor a ***12 horas*** del ***hormigón proyectado***, podrá realizarse mediante la utilización de un método de ensayo no destructivo. Los valores obtenidos con estos métodos no podrán ser utilizados para la aceptación o rechazo del hormigón. Serán válidos para evaluar uniformidad del

El panel deberá estacionarse próximo a la estructura de hormigón proyectado a la que representa, en similares condiciones de exposición y curado.

Los testigos serán ensayados según IRAM 1551 de la siguiente forma: ***dos (2) a edad temprana y los otros dos (2) a los 28 días.***

El hormigón se considerará de calidad satisfactoria si se cumplen las siguientes condiciones:

- El promedio de los resultados de ensayo, es igual o mayor que el especificado a edad temprana.
- El promedio de las resistencias de tres paneles consecutivos, es igual o mayor que la resistencia especificada.
- El promedio de los resultados de ensayo de cada panel es igual o mayor que ***0,85*** de la resistencia especificada Ningún valor individual deberá ser inferior que ***0,75*** de la ***resistencia especificada.***

c) Control de espesor

Cada ***10 m² de superficie hormigonada*** se realizarán controles de espesor del hormigón colocado.

d) Control de dosis de aditivo acelerante

La dosis de aditivo acelerante se controlará verificando en obra de forma continua los consumos de aditivo y los volúmenes de hormigón proyectado. En ningún caso la dosis de aditivo acelerante deberá ser superior a la dosis máxima recomendada por el fabricante.

hormigón proyectado en la estructura y para "estimar" la resistencia efectiva, utilizando las curvas de calibración del fabricante. El método de ensayo deberá constar de límites que muestren el ámbito de variación de los resultados obtenidos.

9.5. HORMIGÓN MASIVO ESTRUCTURAL

C 9.5. HORMIGÓN MASIVO ESTRUCTURAL

9.5.1. Definición, alcance y requisitos

C 9.5.1. Definición, alcance y requisitos

9.5.1.1. Se considera hormigón masivo, al colocado en secciones macizas cuya menor dimensión lineal sea igual o mayor que ***75 cm***.

C 9.5.1.1. Se recomienda que el concepto de hormigón masivo sea aplicado a todos los elementos estructurales susceptibles de presentar problemas de fisuración de origen térmico.

9.5.1.2. El presente artículo es de aplicación específica a elementos estructurales como bases de máquinas, plateas, bases de fundación y otras estructuras que tengan la condición 9.5.1.1. No es de aplicación para la construcción de diques de hormigón, pero puede ser utilizado para el diseño de elementos estructurales de hormigón armado o pretensado que formen parte de un dique.

9.5.1.3. En este artículo se establecen los ***requisitos particulares*** que debe cumplir el hormigón masivo

estructural, los que tienen prelación sobre las especificaciones equivalentes contenidas en otros Capítulos de este Reglamento.

9.5.1.4. En la ***construcción de un elemento estructural de hormigón masivo***, en todo el proceso que incluye la selección de los materiales, la dosificación de la mezcla, el transporte, colocación, compactación y curado, se debe tener en cuenta que el aumento de la temperatura en la masa del hormigón, generado por el calor de hidratación del cemento, puede producir su posterior fisuración.

9.5.1.5. En una ***estructura masiva de hormigón*** se deben considerar las tensiones inducidas por las causas indicadas en el artículo 9.5.1.4, realizar los estudios y adoptar las disposiciones necesarias para cumplir con los requisitos que correspondan y que se indican a continuación:

a) En ***estructuras de hormigón simple o armado***, que deban ser estancas entre juntas de contracción con barreras que impidan el pasaje de agua, no se admiten fisuras.

b) En ***estructuras de hormigón simple*** que no deben ser estancas se debe evitar la fisuración errática con juntas de contracción indicadas en los Documentos del Proyecto.

c) En ***estructuras de hormigón armado*** que no deben ser estancas se debe evitar la fisuración errática con juntas de contracción indicadas en los Documentos del Proyecto. Además, entre juntas, las armaduras deben ser diseñadas para tomar las tensiones de origen térmico.

C 9.5.1.5. La característica fundamental que diferencia a un hormigón masivo es su comportamiento térmico. Dado que el hormigón tiene baja conductibilidad térmica, en grandes volúmenes el calor generado por la hidratación del cemento se disipa muy lentamente y da lugar a un aumento importante de temperatura en la masa del hormigón.

Cuando también existen restricciones de vínculo, la compresión inicial por dilatación se disipa por fluencia y el posterior enfriamiento produce tensiones de tracción que pueden fisurar al hormigón. Esto puede producirse por restricción exterior (fundación) o por restricción de la masa interior caliente a la contracción del hormigón superficial que se enfría más rápidamente.

El calor de una masa de hormigón se disipa en función inversa del cuadrado de su menor dimensión. Para elementos estructurales no masivos, la mayor parte del calor se disipa rápidamente, no originando aumentos significativos de temperatura, ni posteriores diferenciales entre la temperatura interior del hormigón y la del ambiente exterior.

A modo indicativo, se dan los tiempos de estabilización térmica de elementos estructurales con diferentes espesores:

- Un tabique de hormigón de ***150 mm*** de espesor, en el orden de ***1 ½ h***.
- Un muro de hormigón de ***1,50 m*** de espesor, en el orden de ***una (1) semana***.
- Un muro de hormigón de ***15 m*** de espesor, en el orden de ***dos (2) años***.

Se puede reducir la generación del calor de hidratación, y por ende de la elevación de temperatura del hormigón mediante la utilización de los materiales indicados en el artículo 9.5.2.

Para los requerimientos de los artículos 9.5.1.6 y 9.5.1.7 se puede consultar la recomendación ACI 207-2R, que contiene elementos de orientación para resolver el problema. Por otra parte, existen distintos programas de resolución de estructuras

mediante elementos finitos que contienen subrutinas para resolver el problema térmico aquí planteado.

9.5.1.6. El proyecto de un elemento estructural de hormigón masivo, la elección de sus materiales y mezcla de hormigón y el proceso constructivo deben estar avalados por un estudio térmico de evolución de temperatura en la masa del hormigón.

9.5.1.7. Según sean los requerimientos del Comitente respecto del control de la fisuración, el estudio térmico indicado en el artículo 9.5.1.6 puede realizarse mediante estimaciones aproximadas o realizando modelos matemáticos. Los resultados del estudio térmico deben utilizarse para asegurar el control de fisuración especificado en el artículo 8.2 y para diseñar la armadura necesaria a esos efectos.

9.5.2. Materiales componentes

C 9.5.2. Materiales componentes

9.5.2.1. Los requisitos generales para los materiales componentes deben cumplir con lo establecido en el Capítulo 3.

9.5.2.2. El tamaño máximo nominal del agregado grueso debe ser el máximo compatible con las características del elemento estructural y los medios a utilizar para su construcción, sin exceder de los valores indicados a continuación:

C 9.5.2.2. Para hormigón masivo se recomienda el uso de agregados gruesos del mayor tamaño máximo nominal posible, dado que de esta manera se reduce el contenido de cemento en la mezcla.

a) En estructuras de hormigón simple: ***100 mm***.

b) En estructuras de hormigón armado o pretensado: ***75 mm***.

En lo que se refiere a la granulometría, para tamaño máximo ***75 mm*** el agregado se debe separar y acopiar en ***tres fracciones***: ***75-37,5***; ***37,5-19,0*** y ***19,0-4,75***. Para los dos últimos valen los límites establecidos en el Capítulo 3 artículo 3.2.4.2. La fracción 75-37,5 deberá cumplir los límites indicados en la ***Tabla 9.2.***

Tabla 9.2. Granulometrías de la fracción 75-37,5 mm

Tamiz	Porcentaje que pasa
100 mm	100
75 mm	90 a 100
53 mm	20 a 55
37,5 mm	0 a 10
26,5 mm	0 a 5

También en el ***caso del tamaño máximo 100 mm*** el agregado se debe separar y acopiar como mínimo en tres

fracciones. En este caso quedará a cargo del Director de Proyecto/Director de Obra la definición de los límites correspondientes de las fracciones mayores.

En situaciones particulares, debidamente justificadas por el Director de Proyecto/Director de Obra, y siempre dentro del máximo compatible con las características del elemento estructural, puede aceptarse el uso de ***un tamaño máximo mayor a 100 mm.***

9.5.2.3. Tipo y contenido de material cementicio

El contenido de material cementicio será el mínimo posible para cumplir simultáneamente con los requisitos de resistencia mecánica, durabilidad y demás características especificadas por el Proyectista Estructural y con las condiciones establecidas en el Capítulo 2.

El hormigón no debe contener cement de alta resistencia inicial ni aditivos aceleradores de resistencia.

C 9.5.2.3. Tipo y contenido de material cementicio

El cemento portland normal, que se usa en la mayoría de las estructuras convencionales de hormigón, no se aconseja para la ejecución de estructuras de hormigón masivo. Se recomienda el uso de:

- Bajos contenidos de cemento.
- Cementos de bajo calor de hidratación y/o la sustitución de parte del cemento por adiciones minerales

9.5.2.4. En los elementos estructurales de hormigón masivo armado el contenido mínimo de cemento debe ser igual a ***200 kg/m³ de hormigón fresco compactado*** si se cumple que:

a) El elemento estructural está expuesto a un medio no agresivo tanto para el hormigón como para las armaduras (***Exposición Clase A1, del Capítulo 2, Tabla 2.1***).

b) El ***recubrimiento de las armaduras es igual o mayor que 70 mm***. En este caso no aplican los recubrimientos mínimos del Capítulo 8.3, pero el Proyectista deberá verificar que no se afectará la durabilidad de la estructura durante su vida útil.

C 9.5.2.4. Cuando los problemas térmicos sean determinantes, es aconsejable utilizar una solución que incluya un hormigón masivo interior que resista exclusivamente las acciones mecánicas, y un hormigón exterior con espesor no masivo, de mayor capacidad para resistir las acciones mecánicas y del medio ambiente.

9.5.3. Propiedades del hormigón fresco

C 9.5.3. Propiedades del hormigón fresco

9.5.3.1. Consistencia

El ***asentamiento del hormigón masivo*** (IRAM 1536) debe ser:

a) ***Estructuras de hormigón simple:*** Igual o menor que ***50 mm***.

b) ***Estructuras de hormigón armado***: Igual o menor que ***100 mm***.

Los asentamientos indicados corresponden a los obtenidos antes de la incorporación de un aditivo superfluidificante. En caso que sea necesario aumentar el grado de fluidez por motivos de colocación, se podrá

alcanzar solamente mediante la incorporación de un superfluidificante. En ningún caso el asentamiento será mayor de ***150 mm***, tanto para hormigón simple como hormigón armado.

Cuando el tamaño ***máximo nominal del agregado grueso*** sea igual o mayor que ***53 mm***, el asentamiento (IRAM 1536) se determinará sobre la fracción de hormigón masivo que pasa por el tamiz de malla cuadrada de ***37,5 mm*** de lado.

9.5.3.2. Contenido total de aire

Cuando el contenido de cemento sea menor a ***280 kg/m³*** de hormigón fresco compactado, el hormigón deberá tener aire intencionalmente incorporado en los porcentajes establecidos en la ***Tabla 4.3.***

Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso exceda de ***53 mm***, el contenido de aire (IRAM 1602-1 o 1602-2) se debe determinar sobre la fracción de hormigón masivo que pasa por el tamiz de malla cuadrada de ***37,5 mm*** de lado.

9.5.3.3. Temperatura máxima del hormigón masivo

La temperatura máxima del hormigón masivo inmediatamente después de su colocación debe ser la que surja de los estudios térmicos realizados para el diseño de la estructura, y deberá constar en los Documentos del Proyecto.

C 9.5.3.3. Temperatura máxima del hormigón masivo

Cuando sea necesario reducir la temperatura de colocación del hormigón se recomienda:

- Incorporar hielo en escamas en reemplazo parcial del agua de mezclado
- Refrigerar y/o evitar el calentamiento de los agregados.
- Colocar el hormigón en horarios que permitan utilizar agregados con la menor temperatura posible.

9.5.4. Resistencia potencial del hormigón masivo

9.5.4.1. Requisitos generales

A todos los efectos de este Reglamento, se debe considerar que la resistencia de un hormigón masivo es la correspondiente al hormigón integral, como se lo coloca en la estructura, incluyendo todas las fracciones de agregados.

9.5.4.2. Dimensiones de las probetas

Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea igual o mayor que ***53,0 mm***, la resistencia de rotura a la compresión se determinará con probetas cilíndricas normalizadas de diámetro igual o mayor a ***tres (3)*** veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso y una relación entre altura y ***diámetro igual a 2***, moldeadas y

curadas de acuerdo con lo establecido por las normas IRAM 1534 o 1524, y ensayadas a la compresión hasta la rotura de acuerdo con lo establecido en la norma IRAM 1546.

También se pueden utilizar probetas cilíndricas normalizadas de ***150 mm de diámetro***, moldeadas con la fracción del hormigón que pasa por el ***tamiz 37,5 mm***. En este caso, los resultados de ensayo deberán ser corregidos para tener en cuenta el tamaño de la probeta y la composición del material ensayado, de acuerdo con lo indicado en el artículo 9.5.4.3.

9.5.4.3. Relación entre las resistencias obtenidas en probetas de distinto tamaño.

Cuando para la determinación de la resistencia de rotura a compresión se utilicen probetas de ***150 mm*** de diámetro, en los estudios previos de mezclas se debe determinar la relación entre las resistencias obtenidas ensayando probetas moldeadas con el hormigón integral y probetas moldeadas con la fracción del hormigón que pasa por el tamiz de ***37,5 mm.***

Cuando no se realicen estos ensayos comparativos, se pueden adoptar las siguientes relaciones entre las resistencias a la compresión del hormigón masivo y el hormigón tamizado.

a) Tamaño máximo nominal ***igual o menor que 53 mm:*** ***1,00***

b) Tamaño máximo nominal ***mayor que 53 mm:*** ***0,85***

9.5.4.4. Control de resistencia en obra.

El control de las resistencias en obra se debe realizar sobre probetas cilíndricas normales de ***150 mm de diámetro*** y ***300 mm de altura***, moldeadas con la fracción del hormigón masivo que pasa por el tamiz de malla cuadrada de ***37,5 mm*** de lado, y curadas de acuerdo con lo establecido por la norma IRAM 1534 o 1524, y ensayadas a la compresión hasta la rotura de acuerdo con lo establecido en la norma IRAM 1546.

9.5.4.5. El juzgamiento de la resistencia se debe realizar en un todo de acuerdo con el Capítulo 6, y el artículo 9.5.4.3.

9.5.5. Colocación y compactación del hormigón

C 9.5.5. Colocación y compactación del hormigón

9.5.5.1. Plan de hormigonado

Para iniciar las tareas de colocación del hormigón se debe contar con un plan de hormigonado aprobado por

escrito por el Director de la Obra, en el cual debe constar la metodología para la colocación del hormigón y la secuencia de hormigonado de las distintas secciones.

9.5.5.2. Secuencia de hormigonado y altura de los bloques

La secuencia de hormigonado y la altura de los bloques deben cumplir con las siguientes condiciones.

Los elementos estructurales de carácter masivo que tengan secciones horizontales de grandes dimensiones, se pueden hormigonar según dos alternativas:

a) Bloques no contiguos y luego los bloques faltantes hasta completar la sección horizontal total.

b) Bloques contiguos, en forma continua (no alternada), de forma tal que siempre quede un borde libre, hasta completar la sección horizontal total.

La metodología constructiva según las alternativas a) y b) precedentes, deberá definirse por el Proyectista antes del inicio de la obra.

La altura máxima de cada bloque ejecutado de una sola vez será menor de ***1,50 m***, y una vez iniciada la ejecución del mismo, dicha operación no debe ser interrumpida antes de completar su construcción. La altura máxima indicada puede ser superada si así lo avalan los estudios térmicos realizados para el diseño de la estructura, y deberá constar en los Documentos del Proyecto.

Los elementos estructurales masivos se deben construir colocando el hormigón en capas de espesor igual o menor de ***0,50 m de espesor***. Dicha colocación se debe iniciar en uno de los extremos del elemento estructural, abarcando todo el ancho del mismo y el sentido de avance debe ser hacia el extremo opuesto del elemento estructural. Cuando la superficie del elemento estructural lo requiera, se puede avanzar con un frente que incluya a dos o más capas de ***0,50 m de espesor***, dispuestas en escalera. En este último caso se colocará hormigón en todas las capas del frente escalonado simultáneamente y la distancia entre dos escalones ***será mayor que 1,50 m***.

9.5.5.3. Tratamiento de las superficies entre bloques

Antes de colocar hormigón fresco sobre la superficie horizontal de un bloque o entre superficies verticales de bloque contiguos cuyo hormigón ha endurecido, se debe dejar transcurrir un período mayor de ***cinco (5) días***, contados a partir del momento de terminación de su ejecución.

C 9.5.5.3. Tratamiento de las superficies entre bloques

Las superficies verticales que conforman juntas de construcción entre bloques, pueden materializarse mediante el uso de “metal desplegado” con una malla lo suficientemente cerrada como para impedir el paso del hormigón a través del mismo durante las operaciones de colocación y compactación. Esto genera una superficie rugosa que mejora la adherencia entre

Previamente a la colocación del hormigón, las superficies de hormigón endurecido deben ser tratadas en la forma establecida en el artículo 4.8.

el hormigón fresco y el endurecido. El metal desplegado queda embutido en el elemento como encofrado perdido.

9.5.5.4. Métodos de colocación

El hormigón se debe colocar utilizando baldes con descarga de fondo o lateral, cinta transportadora o la combinación de ambos.

En estructuras densamente armadas el hormigón se puede colocar por bombeo, utilizando un equipo y cañerías compatibles con el tamaño máximo nominal del agregado grueso. El uso de bombeo no debe ser causal de la reducción del tamaño máximo nominal del agregado. En este caso se debe rediseñar la mezcla de hormigón a utilizar. Se admite aumentar el asentamiento hasta un máximo de ***15 cm***, de acuerdo a lo indicado en el artículo 9.5.3.1.

Cuando sea necesario verter el hormigón desde alturas mayores de ***1,50 m***, el mismo deberá ser conducido hasta su lugar de colocación mediante tubos verticales cilíndricos, de diámetro compatible con el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

9.5.5.5. Compactación del hormigón

La compactación del hormigón se realizará mediante vibradores de inmersión de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 4 y a las indicaciones del presente artículo.

Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea igual o mayor que ***53,0 mm***, el diámetro de la cabeza vibrante será igual o mayor que ***50 mm.***

El vibrado debe compactar la masa afectada sin desplazarla en dirección horizontal. A ese efecto, el hormigón que se vibra debe estar confinado por otras masas de hormigón ya compactadas o a compactar posteriormente.

9.5.6. Curado y protección del hormigón

Para el hormigón masivo estructural serán de aplicación los mismos requisitos sobre curado y protección especificados para el hormigón estructural en el Capítulo 4, siempre que no se opongan a los requisitos específicos para hormigón masivo que se indican en los artículos 9.5.6.1 y 9.5.6.2.

9.5.6.1. Curado

El curado se debe iniciar inmediatamente después de que el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el método de curado adoptado.

Cuando un mismo elemento se hormigone en etapas, el curado se debe realizar únicamente con agua, en la forma indicada en el artículo 4.10.3.

El período mínimo de curado húmedo, contado a partir del momento de la colocación del hormigón, será el indicado en el artículo 4.10.2.

9.5.6.2. Protección

Durante el período de curado establecido y al finalizar el mismo, los cambios de temperatura del hormigón deben ser graduales, y menores de ***1,5 ºC*** en una hora o de ***15 ºC*** en cualquier período de ***24 horas.***

Si la temperatura del aire en contacto con la estructura desciende por debajo de ***+ 2 ºC***, la superficie expuesta del hormigón debe ser protegida contra los efectos de las bajas temperaturas. Ver el artículo 7.1.6.

9.5.7. Armaduras y juntas para el control de fisuración

9.5.7.1. El Proyecto debe indicar la ubicación de las juntas que sean necesarias por razones constructivas o para el control de fisuración.

9.5.7.2. Cuando el estudio térmico indique riesgo de fisuración, se deben colocar armaduras para su control. Dicha armadura debe ser definida por el Proyectista de acuerdo al Reglamento de referencia para el Proyecto.

9.5.7.3. A los efectos indicados en los artículos precedentes, son de aplicación complementaria las especificaciones contenidas en el artículo 8.2.

9.6. HORMIGÓN DE RETRACCION COMPENSADA (HRC)

9.6.1. Definición

Para elaborar ***HRC*** se incorporarán aditivos expansores a la mezcla o cementos expansores que ya los incluyen.

Estos hormigones (con aditivos expansores) se deben emplear combinados con barras de acero convencionales, donde las barras inicialmente se tensionan durante la expansión y generan que la estructura quede comprimida (la cuantía mínima debe ser ***0,15 %***). También se pueden reemplazar las barras de armadura convencional por fibras de acero para restringir la expansión.

El uso de ***HRC*** se limita a aplicaciones específicas:

C 9.6. HORMIGÓN DE RETRACCION COMPENSADA (HRC)

C 9.6.1. Definición

El ***HRC*** es un ***hormigón expansivo*** que, debidamente restringido por la armadura u otros medios, durante el periodo de curado húmedo genera una expansión inicial igual o ligeramente superior a la retracción por secado prevista. Debido a la restricción, durante la etapa de expansión el ***HRC*** experimentará cierta compresión, la que luego se irá aliviando durante la etapa de retracción. Una vez expuesto al aire se produce una retracción menor que la que hubiera tenido el hormigón sin expansor. El resultado esperado es que, en el estado final de equilibrio, el HCR permanezca con tensión nula o con una ligera tensión de compresión residual, eliminando el riesgo de fisuración.

tanques de agua, estructuras antisísmicas, pavimentos, plateas de fundación y pisos industriales.

9.6.2. Elaboración

El aditivo expansor debe ser incorporado en forma paulatina, asegurando la uniformidad ciclo por ciclo.

C 9.6.2. Elaboración

Es frecuente el uso de aditivos en bolsas hidrosolubles.

9.6.3. Evaluación y requisitos del HRC

La expansión restringida se evaluará aplicando la Norma IRAM 1895.

Se debe verificar que para el tipo y dosis de aditivo adoptados la expansión se agote con el curado previsto antes de los ***28 días.***

La expansión restringida mínima requerida (para la cuantía de acero considerada) es la que compense la contracción por secado libre a la edad de ***28 días*** de la mezcla a utilizar (IRAM 1597).

9.6.4. Curado del HRC

Se debe asegurar un curado mínimo de ***7 días*** el cual puede ser prolongado en caso que el aditivo adoptado lo requiera.

C 9.6.4. Curado del HRC

El tiempo de curado depende del ensayo de expansión sobre probetas que se realizará en paralelo (ver el artículo 9.6.3).

9.6.5. Control en obra

Para el control en obra se deberán realizar las siguientes evaluaciones:

Trabajabilidad (el método que se decida adoptar), expansión restringida (artículo 9.6.3), resistencia a compresión luego de ***28 días*** de curado húmedo.

9.7. HORMIGÓN CON AGREGADOS RECICLADOS (HR)

C 9.7. HORMIGÓN CON AGREGADOS RECICLADOS (HR)

9.7.1. Definición

El hormigón con agregados reciclados, en adelante ***Hormigón Reciclado (HR),*** es aquel elaborado con un porcentaje de ***Agregados Reciclados (AR***) en reemplazo de agregados naturales.

9.7.2. Campo de validez y requisitos

A los fines de este Reglamento se consideran como ***HR*** a aquellos en los que se empleen ***AR*** procedentes exclusivamente de la trituración de hormigones elaborados con agregados naturales (canto rodado o rocas partidas de diferentes orígenes).

C 9.7.2. Campo de validez y requisitos

El ***Agregado Reciclado (AR)*** producto de la trituración de hormigones se caracteriza por su composición, ya que sus partículas pueden estar constituidas solamente por el agregado natural, otras conformadas por el agregado natural y parte del mortero del hormigón que se trituró, como así también por partículas solamente de mortero.

Las plantas de producción de agregados reciclados poseen las mismas instalaciones y equipamiento que las de procesamiento de agregados naturales, donde el nivel de complejidad del sistema lo define el grado de contaminación del material de origen y la aplicación que se le dará al agregado reciclado resultante. Las mismas constan de trituradoras, separadores, unidades de transporte y unidades de control de la planta. En el caso de hormigones que provengan de estructuras armadas, previo al proceso de trituración y clasificación, se deberán eliminar todos aquellos elementos metálicos tales como barras de acero, instalaciones, etc.

9.7.2.1. Para la ***elaboración de HR*** se debe optar por el empleo de agregado grueso o de agregado fino reciclado. Los ***HR*** no podrán ser elaborados empleando agregado ***grueso reciclado AGR*** y ***agregado fino reciclado AFR*** en forma conjunta.

Se admite un contenido **máximo** de ***AGR del 30 %*** en volumen del total de agregado grueso.

Si se emplea ***AFR*** el contenido **máximo** será del ***30 %*** en volumen del total de agregado fino.

Se permite el empleo de agregado fino de trituración ***(AFT)*** y ***AFR*** en forma conjunta, siempre que dicho conjunto no supere el ***30 %*** del volumen total del agregado fino.

C 9.7.2.1. Durante la trituración de los hormigones se generan agregados con una gran variedad de tamaño de partículas, pudiéndose clasificar a los mismos, tal como ocurre en el caso de trituración de rocas, en agregados gruesos y finos reciclados.

De diferentes estudios realizados surge que empleando un ***30 % en volumen de AGR o AFR*** las propiedades resistentes y durables de los hormigones reciclados son semejantes a las del hormigón convencional.

9.7.2.2. Los ***agregados reciclados*** pueden utilizarse en la elaboración de hormigones simples y armados con una resistencia especificada máxima de ***30 MPa***. Los agregados reciclados no podrán emplearse en hormigones pretensados.

9.7.2.3. Para hormigones no estructurales podrá emplearse hasta un ***100 %*** en volumen de agregado grueso reciclado ***(AGR).*** En el caso del ***AFR*** se mantiene el porcentaje máximo indicado en 9.7.2.1.

9.7.2.4. No podrán utilizarse como ***AR*** aquellos que procedan de la trituración de:

a) hormigones dañados que puedan afectar la calidad del hormigón reciclado tales como reacción álcali-sílice, ataque por sulfatos, fuego/incendios, etc.

b) hormigones elaborados con cementos no incluidos en IRAM 50000 y 50002.

9.7.3. Agregados finos y gruesos reciclados

C 9.7.3. Agregados finos y gruesos reciclados

Lo establecido en el Capítulo 3.2 de este Reglamento, para agregados naturales, tiene vigencia para los ***AR*** en

todo lo que no se oponga a lo establecido para cada uno de los casos que se tratan en este apartado.

9.7.3.1. Requisitos generales

Para los ***agregados reciclados*** no son de aplicación los artículos 3.2.2.2 (minerales potencialmente reactivos con los álcalis) y 3.2.2.3.b) (verificación en estructuras elaboradas con rocas basálticas).

C 9.7.3.1. Requisitos generales

Las partículas de los ***AFR*** y ***AGR*** poseen características similares a las de los agregados naturales de trituración, presentando formas angulosas y textura superficial algo rugosa.

Debido al proceso de generación del ***AFR*** es habitual que los mismos presenten un ***elevado contenido de polvo*** (similar al de un ***AFT***). Por tal motivo se recomienda el lavado del ***AFR*** previo a su utilización.

Si bien la forma de las partículas de los agregados obtenidos por trituración depende del procesamiento empleado (tipo y cantidad de trituradoras), en el caso de emplear trituradoras de mandíbulas, diferentes estudios indican que la cantidad de partículas lajosas en el ***AGR*** es menor que en un ***AGN.*** Este hecho no se produce en el caso que los ***AGR*** provengan de hormigones elaborados con canto rodado.

9.7.3.2. Absorción

La ***absorción máxima del AFR será del 10%*** y la del ***AGR del 7%.***

C 9.7.3.2. Absorción

La absorción presenta una importante variación entre las distintas muestras de ***AGR***. La calidad del ***hormigón de origen*** incide en forma directa sobre la absorción de los ***AGR.*** Habitualmente el tipo de ***AGN*** del hormigón de origen no da lugar a diferencias significativas de absorción. Sin embargo, en el caso particular de ***AGR*** provenientes de la trituración de hormigones elaborados con arenisca cuarcítica de la Provincia de Buenos Aires, los valores de absorción se incrementan.

9.7.3.3. Estabilidad frente a una solución de sulfato de sodio.

Para los agregados finos y gruesos reciclados no son de aplicación los puntos 3.2.3.5.b) y 3.2.4.4.b) respectivamente (verificación en estructuras construidas).

9.7.3.4. Tamaño máximo

Para la elaboración de los hormigones reciclados el tamaño máximo de los agregados gruesos se limita a ***53,0 mm.***

9.7.3.5. Sustancias perjudiciales

Los fragmentos de madera, asfalto, vidrio, plásticos, cerámicos, yesos determinados según el Anexo E de la norma IRAM 1531:2022 será menor que el ***5,0 %***.

9.7.4. Acopio y manipuleo de los agregados reciclados

Los ***AFR*** deben acopiarse en forma separada de los ***AFN*** y los ***AFT***. Además, no deberán quedar a la intemperie ya que al estar en contacto con humedad o lluvia se van consolidando, siendo dificultosa su utilización.

El ***acopio de los AGR*** deberá realizarse según el tamaño máximo nominal y en forma separada de los ***AGN.***

C 9.7.4. Acopio y manipuleo de los agregados reciclados

Para obtener una mayor uniformidad en las propiedades de los agregados, una alternativa es almacenar en diferentes acopios los agregados procedentes de hormigón estructural o de elevada resistencia y los provenientes de hormigones no estructurales.

9.7.5. Propiedades en estado fresco, dosificación y puesta en obra de hormigones reciclados

Para los porcentajes de ***empleo de AGR y AFR*** establecidos en el artículo 9.7.2.1 es de aplicación lo indicado en el Capítulo 4, a excepción de los artículos 4.1.2.4 (hormigones ***Clase H-35*** o ***mayores***), 4.1.5.3 (hormigón masivo armado), 4.10.6 (***hormigón curado a vapor***) y 9.5 (***hormigón masivo***).

C 9.7.5. Propiedades en estado fresco, dosificación y puesta en obra de hormigones reciclados

Para el ***hormigón reciclado*** se pueden emplear los métodos convencionales de dosificación.

Cuando se use la ***combinación de AGN y AGR***, y con el fin de que no existan cambios en la consistencia de diseño, se podrá optar por alguna de las siguientes metodologías: a) prehumedecer el ***AGR***, b) adicionar al agua de mezclado la cantidad equivalente al ***50 % de la absorción a 24 horas del AGR***, o c) ***utilizar aditivos plastificantes***. En el caso de optar por las opciones b) o c), en las que el ***AGR*** se utilizará seco al aire, se deberá realizar un premezclado de los materiales con una cierta cantidad del agua total a fin de que los mismos no absorban parte del aditivo.

Cuando se emplee ***AFR*** se optará por cualquiera de las opciones b) o c) indicadas para el empleo del ***AGR***, tomando la misma precaución respecto a la posible absorción del aditivo.

9.7.6. Requisitos por durabilidad y resistencia

9.7.6.1. Requisitos por durabilidad

La ***utilización de los HR*** se limita a estructuras que se encuentren ubicadas en los ***ambientes A1, A2, M1, C1 y Q1***.

C 9.7.6. Requisitos por durabilidad y resistencia

C 9.7.6.1. Requisitos por durabilidad

La mayor porosidad del agregado reciclado conduce a que el ***HR*** sea más susceptible a los efectos del ambiente. Sin embargo, la bibliografía indica que la durabilidad del hormigón reciclado, con un porcentaje de ***AGR o AFR*** no superior al ***30 %***, y expuesto a los ambientes indicados es similar a la que presenta un hormigón convencional de igual nivel resistente.

9.7.6.2. Resistencia de los HR

9.7.6.2.1. Resistencia a compresión

La ***resistencia especificada máxima de hormigones elaborados con agregados reciclados se limita a 30 MPa.***

C 9.7.6.2. Resistencia de los HR

C 9.7.6.2.1. Resistencia a compresión

Resultados de diferentes estudios señalan que la resistencia a compresión de los ***HR elaborados con hasta un 30% de AR*** (***AGR o AFR***), es

similar a la que se obtiene empleando el ***100% de agregados naturales.***

En los hormigones elaborados con ***AFR***, cuando se adicione el agua de absorción se deberá tener precaución. En algunos estudios se observó que, al no absorber el ***AFR*** toda el agua adicionada, se incrementa la ***razón a/c efectiva*** con la consiguiente disminución de la resistencia.

9.7.6.2.2. Resistencia a tracción

En elementos estructurales que requieran una resistencia mínima a tracción, la misma se determinará según IRAM 1547 o IRAM 1658.

C 9.7.6.2.2. Resistencia a tracción

Se ha verificado que la ***resistencia a tracción indirecta de hormigones reciclados elaborados con 30 % de AGR o AFR*** es similar a la de hormigones convencionales de igual clase resistente elaborados con agregados naturales de iguales características mineralógicas.

9.7.6.3.3. Módulo de elasticidad

Debido a la menor rigidez de los agregados reciclados, se deberá determinar el módulo de elasticidad estático de los ***HR*** empleados en elementos estructurales, según IRAM 1865.

C 9.7.6.3.3. Módulo de elasticidad

Los ***HR*** presentan menor rigidez y mayor deformabilidad. Esto es más notorio cuando se emplean ***AGR.*** Sin embargo, hay estudios que informan que el módulo de elasticidad estático de HR elaborados con hasta un ***30 % de AGR***, es prácticamente similar al del hormigón convencional de igual nivel resistente y elaborado con el mismo tipo de ***AGN***. En el caso de emplear ***30 % de AFR***, el módulo estático resultó similar.

9.7.6.3.4. Contracción por secado

En elementos estructurales con una elevada relación superficie/volumen, se deberá evaluar la contracción por secado en probetas moldeadas con el ***HR*** a utilizar, según IRAM 1597.

C 9.7.6.3.4. Contracción por secado

Los ***AR*** presentan ***menor rigidez*** que los agregados naturales y en consecuencia mayor tendencia a la contracción. Si bien existen estudios en los que hormigones reciclados elaborados con hasta ***30 % de AGR*** o ***AFR***, presentaron valores de contracción por secado equivalentes a los del hormigón convencional, ***en los casos donde la contracción sea relevante no se puede asumir que vaya a ser igual.***

9.8. REQUISITOS ADICIONALES PARA HORMIGONES CON EXIGENCIAS PARTICULARES

C 9.8. REQUISITOS ADICIONALES PARA HORMIGONES CON EXIGENCIAS PARTICULARES

9.8.1. Existen estructuras y elementos estructurales que requieren la utilización de hormigones con exigencias particulares.

C 9.8.1. Las estructuras sometidas a cavitación requieren un diseño hidráulico apropiado y no se resuelve con condiciones especiales en el hormigón.

9.8.2. Este Reglamento establece las condiciones mínimas que se deben tener en cuenta para los siguientes tipos de hormigones:

- hormigones a colocar bajo agua.
- hormigones de elevada impermeabilidad.
- hormigones expuestos a abrasión.

9.8.3. Los hormigones mencionados en el artículo 9.8.2 deben cumplir con los requisitos de la ***Tabla 9.3***, además de todos los que les correspondan de acuerdo con lo establecido en los Capítulos 2 y 3.

Tabla 9.3. Hormigones para aplicaciones con características particulares

Tipo de hormigón	Hormigón a colocar bajo agua	Hormigón de elevada impermeabilidad	Hormigón expuesto a abrasión
Casos típicos	Pilotes de gran diámetro	Cisternas. Depósitos para agua. Conductos. Tuberías.	Resbalamiento de materiales a granel. Movimiento de objetos pesados. Escurrimiento rápido de agua.
Máxima razón agua/cemento, en masa	0,45	espesor ≤ 500 mm: 0,45 espesor > 500 mm: 0,55	0,42
Clase mínima de hormigón	H-30	espesor ≤ 500 mm: H-30 espesor > 500 mm: H-20	H-40
Aire incorporado	Recomendable	No	No
Consistencia (Tabla 4.2)	Fluida o muy fluida	Muy plástica o plástica	Plástica o seca
Penetración de agua IRAM 1554:1983	------	Para espesor de hormigón ***≤ 500 mm***, la penetración de agua en el ensayo IRAM 1554:1983 debe ser ***≤ 30 mm*** (2.2.15.2).	------
Exigencias adicionales a cumplir por los agregados gruesos	Tamaño máximo nominal igual o menor que ***25 mm***	--------	Tamaño máximo nominal ***≤ 26,5 mm*** Tamaño máximo nominal ***≤ 1/3 del espesor*** del elemento estructural. Resistencia a la fragmentación, "Los Angeles" ≤ ***30 %*** (3.2.4.5).

CAPÍTULO 10. HORMIGÓN PRETENSADO. INYECCIÓN DE VAINAS

10.0. SIMBOLOGÍA

f'_{ci} resistencia de un ensayo, en MPa.

f'_{cmi3} resistencia media móvil de tres ***(3)*** ensayos consecutivos, en MPa.

f'_{crmi} resistencia de diseño de la lechada de inyección, en MPa.

s_n desviación estándar de los resultados de los ensayos de resistencia, en MPa.

10.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo se aplica a inyección de lechada de cemento en vainas de estructuras de ***hormigón postesado con cables adherentes***.

Establece los requisitos mínimos que debe cumplir la lechada a inyectar, las pautas a seguir para su diseño, las tareas de inyección, los ensayos de control a realizar, los registros requeridos y los métodos de ensayos a utilizar en cada caso.

10.2. LECHADA DE INYECCIÓN

10.2.1. Función de la inyección

La ***inyección de lechada en vainas que alojan cables adherentes*** tiene como función:

a) Proteger a los cables adherentes contra la corrosión.

b) Asegurar la adherencia entre los cables adherentes y la pieza de hormigón.

c) Impedir la vibración de los cables adherentes sometidos a solicitaciones dinámicas.

10.2.2. Lechada de inyección

Se define como ***lechada de inyección*** a la mezcla homogénea constituida por cemento, agua y aditivo químico.

10.3. REQUISITOS A CUMPLIR POR LAS MEZCLAS DE INYECCIÓN

10.3.1. Razón agua/cemento

La lechada de inyección debe tener una razón ***agua/cemento*** en masa igual o menor que ***0,40***.

Se debe utilizar la ***menor razón agua/cemento*** que sea compatible con los requerimientos de fluidez, exudación, estabilidad volumétrica y resistencia de la mezcla.

10.3.2. Fluidez

Se define como ***fluidez de la lechada de inyección al tiempo, medido en segundos, que tardan en escurrir por gravedad 1700 ml ± 5 ml de la mezcla por el cono de fluidez***, descripto en el artículo 10.12.3.a). y en la ***Figura 10.1.***

En el momento de iniciar la inyección y durante el tiempo que dure la misma, la lechada de inyección deberá tener la fluidez que asegure el llenado completo de la vaina.

El tiempo de escurrimiento de la lechada de inyección, ***medido con el cono de fluidez***, de acuerdo con el artículo 10.12., debe ser igual o mayor que ***11 s*** a la entrada de la bomba de inyección.

La ***fluidez*** de la lechada debe permitir su inyección en las vainas manteniendo un flujo continuo a la salida de las vainas, con una presión de inyección igual o menor que ***2,0 MPa***.

El ***tiempo de escurrimiento*** de cada lechada de inyección se debe ***ajustar en obra***, de acuerdo con lo establecido en el artículo 10.6.1.4.

10.3.3. Exudación

Se define como exudación a la ***cantidad de agua que aflora a la superficie*** de una lechada de inyección en condiciones de reposo.

La ***exudación caracteriza la estabilidad de la lechada de inyección***. El volumen de agua exudada después de transcurridas ***3 h desde la finalización del mezclado*** debe ser igual o menor que el ***2 % del volumen inicial de la mezcla***. El método de ensayo se establece en el artículo 10.13.

La totalidad del agua exudada deberá ser reabsorbida por la lechada de inyección al cabo de 24 horas.

10.3.4. Estabilidad volumétrica

Se define como ***variación de volumen*** a aquella que se produce en una lechada de inyección después de transcurridas ***24 horas*** de iniciado el ensayo.

La ***lechada de inyección*** debe tener expansión respecto de su volumen inicial con el fin de garantizar el llenado completo de la vaina.

La expansión de la lechada de inyección después de transcurridas las primeras ***24 horas*** de finalizado el mezclado, debe estar comprendida ***entre 5 %*** y ***10 %***. El método de ensayo se establece en el artículo 10.14.

Se debe utilizar un aditivo químico expansor del volumen que cumpla con lo especificado en el artículo 10.4.3.

10.3.5. Tiempo de fraguado

El ***tiempo de fraguado inicial*** de la lechada de inyección debe ser mayor que el tiempo necesario para realizar la inyección de las vainas. Por otro lado, una vez terminada la inyección, conviene que el ***tiempo de fraguado final*** no se demore en exceso. El método de ensayo se establece en el artículo 10.15.

Cuando la inyección de las vainas se realice con ***temperaturas extremas, tiempo frío o caluroso***, se deben determinar los tiempos inicial y final de fraguado de las mezclas de inyección para las condiciones reales de ejecución de las tareas de inyección.

10.3.6. Resistencia especificada

La ***resistencia especificada a la compresión de la lechada de inyección a la edad 28 días***, determinada por el método de ensayo establecido en el artículo 10.16., debe ser igual o mayor que la indicada en la ***Tabla 10.1***.

Tabla 10.1. Resistencia de rotura a la compresión especificada

Edad de ensayo (días)	Resistencia de rotura a la compresión especificada	
	Para cada probeta, igual o mayor que	Para la media de tres (3) probetas extraídas de un mismo pastón, igual o mayor que
	MPa	MPa
28	27	30

Para el caso en que sea necesario ***transmitir los esfuerzos sobre la lechada de inyección o trasladar elementos prefabricados antes de la edad de 28 días***, la ***lechada de inyección*** deberá tener la resistencia de rotura a la compresión a la edad que corresponda, requerida por el sistema de pretensado utilizado.

10.3.7. Temperatura

Las temperaturas del ambiente, de la lechada de inyección y de la estructura que se va a inyectar, deben encontrarse dentro de los rangos establecidos en la ***Tabla 10.2***.

Tabla 10.2. Rangos de temperatura para la operación de inyección

Valor	Temperatura		
	Ambiente	**Superficial de la Estructura**	**Lechada de inyección**
	° C	° C	° C
Mínimo	5	5	10
Máximo	30	------	25

En ningún caso la temperatura de la lechada de inyección, inmediatamente después de su mezclado, debe ser mayor que ***30 ºC ± 2 °C***.

Los métodos para determinar las temperaturas se establecen en el artículo 10.17.

10.3.8. Verificación del cumplimiento de las especificaciones en mezclas de prueba

a) Con suficiente antelación al inicio de las inyecciones en obra y utilizando materiales representativos de los que se usarán en obra, se preparará la cantidad de lechada de inyección necesaria para realizar la totalidad de los ensayos requeridos en los artículos 10.12. a 10.17.

b) A los fines indicados en a) se deberá utilizar una mezcladora de laboratorio de igual efectividad de mezclado que las mezcladoras a usar en la obra.

c) Los ensayos indicados en a) se repetirán cada vez que se varíen los materiales a utilizar en la inyección.

10.4. MATERIALES COMPONENTES

10.4.1. Cemento

Se debe usar ***cemento pórtland normal (CPN), de categoría 40 o 50***, que cumpla con las especificaciones del Capítulo 3 y con las que se indican a continuación.

a) El ***contenido de ión*** Cl^- deberá ser igual o menor que ***0,02 %***.

b) El ***contenido de ión*** SO_4^{2-} deberá ser igual o menor que ***0,02 %***.
La ***temperatura del cemento*** deberá ser igual o menor de ***40 ºC*** cuando se incorpore a la mezcla de inyección.

c) ***Provisión exclusivamente en bolsas***. Su provisión y almacenamiento deberán verificar los requisitos establecidos en el artículo 3.1.

En el lugar de la inyección se debe depositar únicamente la cantidad de cemento a utilizar en una operación de inyección.

10.4.2. Agua de mezclado

El agua debe cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 3.3 y con los que se indican a continuación.

a) ***Detergente***s: No debe contener.

b) ***pH***: Debe ser igual o mayor que ***7***.

10.4.3. Aditivos químicos

Los aditivos químicos deben cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 3.4., en todo lo que sea de aplicación. Además, ***no deben contener sulfitos***.

Como aditivos sólo se pueden utilizar ***aditivos auxiliares de inyección***, que cumplan con la norma ***IRAM*** correspondiente (en preparación), cuya aptitud para el uso en inyecciones esté expresamente indicada en el certificado del fabricante y haya sido demostrada mediante ensayos.

10.5. CRITERIOS Y CONTROL DE CONFORMIDAD

10.5.1. Los ***criterios de conformidad*** son las disposiciones destinadas a establecer si la ***lechada*** que se inyectó en las vainas de las estructuras de ***hormigón postesado con cables adherentes*** cumple con los requisitos especificados por este ***Reglamento*** y los ***Documentos del Proyecto***. Los ***criterios de***

conformidad contenidos en este capítulo están referidos a las ***propiedades de la lechada de inyección en estado fresco y endurecido***.

10.5.2. El ***control de conformidad*** constituye el conjunto de acciones y decisiones destinadas a la recepción de la lechada de inyección, aplicando los criterios de conformidad. Se basa en la realización de ensayos normalizados que miden las propiedades de la lechada de inyección especificada en el artículo 10.3. y en los ***Documentos del Proyecto***. Dichos ensayos se deben realizar a partir de ***muestras extraídas*** en obra bajo la responsabilidad del ***Director de Obra***. Los ensayos a realizar sobre dichas muestras también son responsabilidad del ***Director de Obra***.

10.5.3. El ***plan de muestreo y ensayos de control en obra*** se debe especificar en los Documentos del Proyecto, y debe ser, como mínimo, el establecido a continuación.

10.5.3.1. La mezcla debe estar verificada según el artículo 10.3.8.

10.5.3.2. Como mínimo ***24 horas*** antes de comenzar las operaciones de inyección se deberá verificar nuevamente la mezcla realizando los ensayos de fluidez, exudación, estabilidad volumétrica, tiempo de fraguado y control de temperatura de la mezcla.

10.5.3.3. Durante las operaciones de inyección se deberán realizar los ensayos de control que se indican en la ***Tabla 10.3***.

Tabla 10.3. Plan de muestreo y ensayo mínimo

Ensayo	Método descripto en el artículo	Durante las operaciones de inyección, con la siguiente periodicidad
Fluidez	10.12.	Un ***(1)*** ensayo cada 2 horas y siempre que se realice cualquiera de los otros ensayos, sobre muestras extraídas del mezclador y a la salida de la vaina.
Exudación	10.13.	Dos ***(2)*** ensayos diarios, sobre muestras extraídas del mezclador y a la salida de la vaina.
Estabilidad volumétrica	10.14.	Un ***(1)*** ensayo diario, sobre una muestra extraída del mezclador.
Tiempos de fraguado	10.15.	Un ***(1)*** ensayo diario, sobre una muestra extraída del mezclador.
Resistencia a compresión	10.16.	Un ensayo por día y no menos de un ensayo cada diez ***(10)*** pastones, sobre muestras extraídas del mezclador.
Temperatura de la mezcla	10.17.	Cada vez que se realice cualquiera de los demás ensayos.
Temperatura ambiente	10.17.	
Temperatura de la estructura	10.17.	

10.5.4. Los ***criterios de conformidad*** a aplicar para el control de conformidad de la lechada de inyección en estado fresco y endurecido, se establecen en los artículos 10.5.4.1. a 10.5.4.4. inclusive.

10.5.4.1. Criterios de conformidad de la mezcla de inyección en estado fresco

a) Se considera que la ***mezcla es conforme*** respecto al parámetro ensayado si efectuado el ensayo se obtiene un valor del parámetro que cumple con los límites especificados en los siguientes artículos:

- ❐ Fluidez: artículo 10.3.2.
- ❐ Exudación: artículo 10.3.3.
- ❐ Estabilidad volumétrica: artículo 10.3.4.
- ❐ Tiempo de fraguado: artículo 10.3.5.

b) Si el ***resultado de un ensayo es no conforme*** se debe obtener otra muestra del mismo pastón y repetir el ensayo. Si el nuevo ensayo cumple con lo especificado se considerará que la lechada de inyección es conforme respecto del parámetro ensayado.

Los ***pastones no conformes por fluidez*** serán rechazados y no se podrán utilizar para la inyección de vainas.

10.5.4.2. Criterio de conformidad para la resistencia a compresión

Se considerará que la lechada de inyección evaluada posee la resistencia especificada si se cumplen las dos (2) condiciones siguientes:

a) La resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos consecutivos, correspondientes a la lechada de inyección evaluada, es igual o mayor que la resistencia especificada más 5 MPa.

$$f'_{cmi3} \geq (30 + 5)\ MPa$$

b) El resultado de cada uno de los ensayos es igual o mayor que:

$$f'_{ci} \geq 27\ MPa$$

10.5.4.3. Criterios de conformidad para las temperaturas durante la operación de inyección

a) Un resultado de ensayo de temperatura del ambiente, de la lechada de inyección o de la estructura a inyectar se debe considerar como ***no conforme***, cuando el valor obtenido esté por fuera de los límites establecidos en la ***Tabla 10.2. del artículo 10.3.7.***

b) Cuando cualquiera de las temperaturas medidas resulten ***no conformes***, no se permitirá realizar las operaciones de inyección.

10.5.4.4. Criterios de conformidad para otras propiedades de la mezcla de inyección, exigidas en los Documentos del Proyecto

Cuando los ***Documentos del Proyecto*** exijan que la mezcla de inyección posea otras propiedades, además de las indicadas taxativamente en este ***Reglamento***, en los ***Documentos del Proyecto*** se deberán establecer también los correspondientes criterios de conformidad.

10.6. DOSIFICACIÓN

10.6.1. Requisitos generales

10.6.1.1. Los ***materiales componentes y las proporciones de la lechada de inyección*** deben asegurar:

a) La razón agua/cemento establecida en el artículo 10.3.1.

b) La fluidez establecida en el artículo 10.3.2., necesaria para su adecuado escurrimiento y llenado de las vainas que alojan los cables adherentes.

c) La exudación y estabilidad volumétricas requeridas en los artículos 10.3.3. y 10.3.4.

d) La resistencia mecánica especificada en el artículo 10.3.6.

e) Las condiciones necesarias para la protección de los cables adherentes alojados en las vainas.

10.6.1.2. La ***dosificación de la lechada de inyección*** se debe establecer en forma racional, en base a información de experiencias previas y/o mediante la preparación de mezclas de prueba en laboratorio o en la obra. En ambos casos con los ***materiales que se***

van a utilizar en la obra.

10.6.1.3. La ***resistencia de diseño de la lechada de inyección*** que se utilizará en obra, es la resistencia media de rotura a compresión para la cual se dosifica dicha lechada. La resistencia media de las probetas moldeadas con la lechada en los ensayos de prueba, debe ser igual o mayor que la resistencia de diseño de la lechada de inyección, calculada con la siguiente expresión:

$$f'_{crmi} = (30 + 5) + 1{,}34\ s_n$$

$$f'_{crmi} = 27 + 2{,}33\ s_n$$

siendo:

f'_{crmi} la resistencia de diseño de la lechada de inyección, en MPa.

27 MPa la resistencia especificada a compresión mínima para cada probeta, de acuerdo con el artículo 10.3.6.

30 MPa la resistencia especificada a compresión mínima para el promedio de tres ***(3)*** probetas, de acuerdo con el artículo 10.3.6.

s_n la desviación estándar, en MPa.

10.6.1.4. Antes de iniciar la producción industrial de la lechada de inyección resultante, se debe ***ajustar en obra su fluidez,*** teniendo en cuenta:

a) Las características de los materiales componentes de la lechada de inyección.

b) Las temperaturas del medio ambiente, de la lechada de inyección y de la estructura, que se prevén tener durante las operaciones de inyección.

c) Las características y la disposición de las vainas a inyectar.

d) El equipo disponible en obra para las operaciones de mezclado y de inyección.

e) La metodología que se usará en obra para inyectar las vainas.

Las proporciones finales de la lechada de inyección y su fluidez se establecerá de modo tal de no exceder la máxima razón agua/cemento requerida en el artículo 10.3.1. y la fluidez establecida en el artículo 10.3.2.

La ***fluidez*** así determinada en obra, servirá como ***parámetro de control*** para establecer la ***conformidad o no conformidad*** de la lechada de inyección a utilizar en la obra, de acuerdo con el artículo 10.5.4.1.a).

10.7. PRODUCCIÓN

10.7.1. El cemento se debe medir en masa o en bolsa entera.

10.7.2. El agua de mezclado y los aditivos químicos líquidos se pueden medir en masa o en volumen. Los aditivos químicos pulverulentos se deben medir sólo en masa.

10.7.3. Los materiales componentes se deben medir con una precisión del:

a) ***± 2 %***, para el cemento y los aditivos químicos.

b) ***± 1 %***, para el agua de mezclado.

10.8. MEZCLADO

10.8.1. El mezclado se hará exclusivamente en forma mecánica, con el objeto de obtener una lechada de inyección estable, homogénea y con la fluidez establecida en el artículo 10.6.1.4.

10.8.2. Se debe mezclar la cantidad teórica calculada más la pérdida prevista de lechada de inyección, de tal manera de asegurar que cada vaina a inyectar quede totalmente llena.

10.8.3. Los materiales componentes se deben introducir con la mezcladora ***en movimiento***, y en el siguiente orden: ***agua de mezclado, el cemento, y los aditivos.***

El cemento y los aditivos químicos se deben agregar lentamente a la mezcladora, para asegurar un mezclado homogéneo y la eficacia de la incorporación de los aditivos químicos.

10.8.4. El tiempo máximo de mezclado debe ser de ***4 minutos***. El Director de Obra puede aprobar un tiempo mayor de mezclado, sí el fabricante de la mezcladora lo especifica.

10.8.5. Una vez finalizado el mezclado de la lechada o del mortero de inyección, se deberá pasar del equipo mezclador al de agitación a través de un ***tamiz de malla cuadrada IRAM 1,18 mm de lado***. Posteriormente, la lechada de inyección deberá ser mantenida en constante agitación con el fin de evitar que se

formen grumos o que se produzca segregación de sus materiales componentes.

10.8.6. Durante la operación de mezclado y de agitación, la lechada de inyección deberá cumplir con las temperaturas establecidas en el artículo 10.3.7.

10.9. INYECCIÓN

10.9.1. Personal

Las operaciones de inyección de vainas con lechada deben estar a cargo de un profesional habilitado. Este profesional debe estar ***presente durante todo el proceso de inyección y será responsable del conjunto de medidas de seguridad inherentes a las operaciones de preparación y de inyección***.

10.9.2. Embocaduras de entrada y salida

La posición de las embocaduras de entrada y salida depende del tipo y de la geometría de los cables, como así también del procedimiento de inyección y de post-inyección de la lechada, y deben estar indicadas en los Documentos del Proyecto.

De no estar específicamente indicadas en los Documentos del Proyecto, las embocaduras se deben colocar normalmente de la siguiente manera:

a) **Embocadura de entrada o de salida**: En los anclajes y en las uniones entre vainas.

b) **Embocadura de entrada**: En los puntos más bajos, en el caso de cables con gran inclinación, verticales o en bucle. En los puntos especificados en los Documentos del Proyecto cuando la inyección de las vainas se ejecute por etapas.

c) **Embocadura de salida**: Sobre el punto más alto de la vaina o en una zona próxima, si la diferencia entre el punto más alto y el más bajo es igual o mayor que ***0,50 m***.

10.9.3. Precauciones que se deben adoptar antes de la inyección

a) Se debe asegurar que las vainas y las embocaduras de entrada y de salida permitan la inyección de la lechada. Esta operación se debe realizar inyectando en la vaina, aire comprimido seco.

b) Si hay agua en la vaina se debe eliminar. Para ello se puede utilizar las salidas en los puntos más

bajos y aire comprimido.

10.9.4. Equipamiento necesario

10.9.4.1. El ***equipo de inyección*** debe constar de un mezclador, un depósito de almacenamiento, una bomba provista de mangueras y válvulas y los dispositivos para medir los materiales componentes de acuerdo con lo especificado en el artículo 10.7.3.

10.9.4.2. El equipo mezclador debe permitir obtener una lechada de inyección con una dispersión homogénea del cemento y de los aditivos químicos con una cantidad mínima de grumos. Debe estar provisto de un ***tamiz de malla cuadrada IRAM 1,18 mm de lado***, a través del cual se debe hacer pasar la lechada de inyección, antes de verterlo en el depósito de almacenamiento.

El mezclador debe estar provisto de un ***depósito de almacenamiento con un agitador***, que permita mantener la lechada de inyección en movimiento continuo antes de bombearlo a las vainas. Durante las paradas de las bombas, la lechada de inyección debe poder recircularse.

La capacidad del mezclador y del depósito de almacenamiento debe permitir el llenado ininterrumpido de las vainas, con el caudal requerido.

10.9.4.3. La bomba debe estar equipada con un manómetro y debe suministrar un flujo continuo de lechada de inyección a las vainas, permitiendo mantener una ***presión igual o mayor que 1 MPa***.

La bomba debe estar equipada con una válvula de seguridad, para evitar alcanzar ***presiones superiores a 2 MPa***, o el valor establecido como máximo por el fabricante, con el objeto de:

a) Evitar que estallen las mangueras y las embocaduras de entrada y de salida.

b) Evitar daños en la estructura de hormigón.

c) Evitar daños en el equipo de bombeo y en las válvulas.

d) Proteger a los operarios.

e) Impedir la segregación de la lechada de inyección.

f) Regular la fluencia de la lechada de inyección.

La bomba debe estar construida de tal manera que impida la penetración de aire, aceite o cualquier otra materia extraña en la lechada de inyección.

El ***caudal de lechada de inyección que suministra la bomba*** debe ser tal que la vaina se llene completamente. El uso de bombas de ***caudal variable***, tiene la ventaja de que se puede adaptar al llenado de vainas de diferentes diámetros.

Se prohíbe el uso de aire comprimido para el bombeo.

10.9.4.4. El ***diámetro y el caudal de las mangueras de inyección de la lechada***, deben ser compatibles con el caudal de la bomba, con la presión máxima y con la longitud prevista. Las uniones dobles de conexión no deben reducir el diámetro interior útil de las mangueras.

Las mangueras de inyección deben estar firmemente conectadas a las vainas. Se deben evitar los estrechamientos en las embocaduras por las que debe circular la lechada de inyección, para evitar el riesgo de sobrepresión, el cual implica un riesgo de bloqueo.

10.9.5. Operación de inyección de vainas

10.9.5.1. Después de poner en ***tensión los cables***, las vainas se deben ***inyectar tan pronto como sea posible***, en forma continua.

10.9.5.2. Este Reglamento prohíbe la utilización de la lechada de inyección que haya salido de la vaina durante el proceso de inyección y la que no se haya inyectado ***30 minutos*** después de finalizado su mezclado.

10.9.5.3. La operación de inyección debe continuar hasta que en la embocadura de salida de la vaina salga suficiente lechada de una consistencia igual a la inyectada por la embocadura de entrada.

10.9.5.4. La velocidad de llenado de las vainas debe estar comprendida entre ***5 m/min y 15 m/min***.

10.10. MEDIDAS DE PROTECCIÓN E INYECCIÓN CON BAJAS TEMPERATURAS

10.10.1. Cuando la ***temperatura de la estructura y del ambiente sea cercana a +5 °C***, antes de iniciar las tareas de inyección se debe verificar que no haya hielo dentro de las vainas. En caso de detectarse la presencia de hielo en las vainas, se debe inyectar agua caliente para eliminarlo.

10.10.2. Las ***temperaturas mínimas ambiente y de la estructura*** exigidas en el artículo 10.3.7., se debe mantener durante los cinco ***(5)*** días posteriores a la finalización de las operaciones de inyección de la

lechada en las vainas.

10.10.3. Cuando las ***temperaturas ambiente*** y de la estructura estén cercanas a los límites inferiores exigidos en el artículo 10.3.7., se deben realizar ***controles adicionales*** de fluidez, exudación y variación de volumen de la lechada de inyección.

10.11. REGISTROS

Se deben registrar tanto los resultados de los ensayos previos de aptitud realizados en laboratorio como los controles de conformidad realizados en obra sobre las propiedades de la lechada de inyección en estado fresco y endurecido.

Los registros deben contener como mínimo la información que se detalla en los artículos 10.11.1 a 10.11.3. inclusive.

10.11.1. Datos generales para cada operación de inyección

a) Comitente.

b) Empresa Contratista.

c) Elemento estructural.

d) Sistema de pretensado.

e) Designación de los elementos tensores.

f) Longitud de los elementos tensores y volumen teórico de la mezcla de inyección.

g) Profesional habilitado que tiene a su cargo el control de los requisitos de la lechada de inyección y de la operación de inyección de las vainas.

h) Indicación de los días en que se efectuó la operación de inyección con datos sobre: el tiempo, la temperatura del aire, la temperatura de la estructura, posición de las vainas inyectadas dentro del elemento estructural, volumen de la mezcla inyectada, número de pastones utilizados y cualquier otro acontecimiento especial que pueda tener incidencia sobre la calidad de la inyección.

10.11.2. Datos generales de la lechada de inyección

a) Razón agua/cemento.

b) Cemento, indicando fabricante, tipo y categoría de resistencia.

c) Agua de mezclado.

d) Cuando corresponda, aditivos químicos para inyección, indicando marca, fabricante, tipo y cantidad incorporada en gramos por kilogramo de cemento.

e) Datos sobre la elaboración de la lechada de inyección indicando: tipo de mezcladora, tiempo de mezclado antes de agregar el aditivo químico para inyección y tiempo total.

10.11.3. Datos de los ensayos previos de aptitud realizados en laboratorio y de los controles de conformidad realizados en obra

a) Temperatura de los materiales componentes de la lechada de inyección.

b) Temperatura de la lechada de inyección al salir por el extremo de la vaina.

c) Fluidez de la lechada de inyección a la entrada de la bomba de inyección.

d) Condiciones de preparación y de almacenamiento de las muestras para la determinación de la exudación, de la estabilidad volumétrica y de la resistencia a la compresión.

e) Resultados de resistencia a la compresión, indicando las dimensiones de las probetas y su densidad.

10.12. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA FLUIDEZ DE LA LECHADA DE INYECCIÓN

10.12.1. Cantidad de determinaciones por ensayo

En cada ensayo se deben realizar dos ***(2)*** determinaciones del ***tiempo de escurrimiento*** sobre muestras distintas de un mismo pastón. Se adoptará como resultado del ensayo al promedio de las dos determinaciones.

Durante la duración de los ensayos la lechada de inyección debe ser ***mantenida en constante agitación***, para evitar que se formen grumos o que se produzca

segregación de los materiales componentes.

10.12.2. Equipamiento necesario

a) El ***cono de fluidez*** tendrá la forma de un tronco de cono recto y con las dimensiones establecidas en la ***Figura 10.1***. ***Su volumen, sin tener en cuenta las partes cilíndricas de los dos extremos, debe ser de 1700 ml ± 5 ml.*** Las bases superior e inferior deben ser paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. Estará construido sin costura, en material metálico no deformable y no atacable por la lechada de cemento, de un espesor igual o mayor de ***5 mm***. El interior del cono debe ser liso y libre de salientes.

b) Boquilla cilíndrica inferior de descarga, de diámetro interior igual a ***12 mm ± 0,1 mm***.

c) Aro para apoyar el cono sobre un trípode metálico rígido u otro tipo de elemento de sostén rígido. Tanto el aro como el elemento de sostén deben ser capaces de soportar firmemente y en posición vertical el cono lleno con la mezcla de inyección.

d) Tamiz de malla cuadrada ***IRAM 1,18 mm*** de lado. Se colocará sobre la parte superior del cono y debe ser removible.

e) Recipiente cilíndrico rígido con una capacidad igual o mayor que ***2 l***, para la recepción de la lechada de inyección durante el ensayo.

f) Nivel de tipo carpintero de longitud mínima igual a ***200 mm***, o similar.

g) Cronómetro, cuya menor lectura sea ***0,2 s***.

h) Probeta graduada de ***1000 ml*** de capacidad útil, y menor graduación de lectura igual a ***0,10 ml***.

i) Mezcladora de laboratorio con eficiencia de mezclado igual a las usadas en la obra.

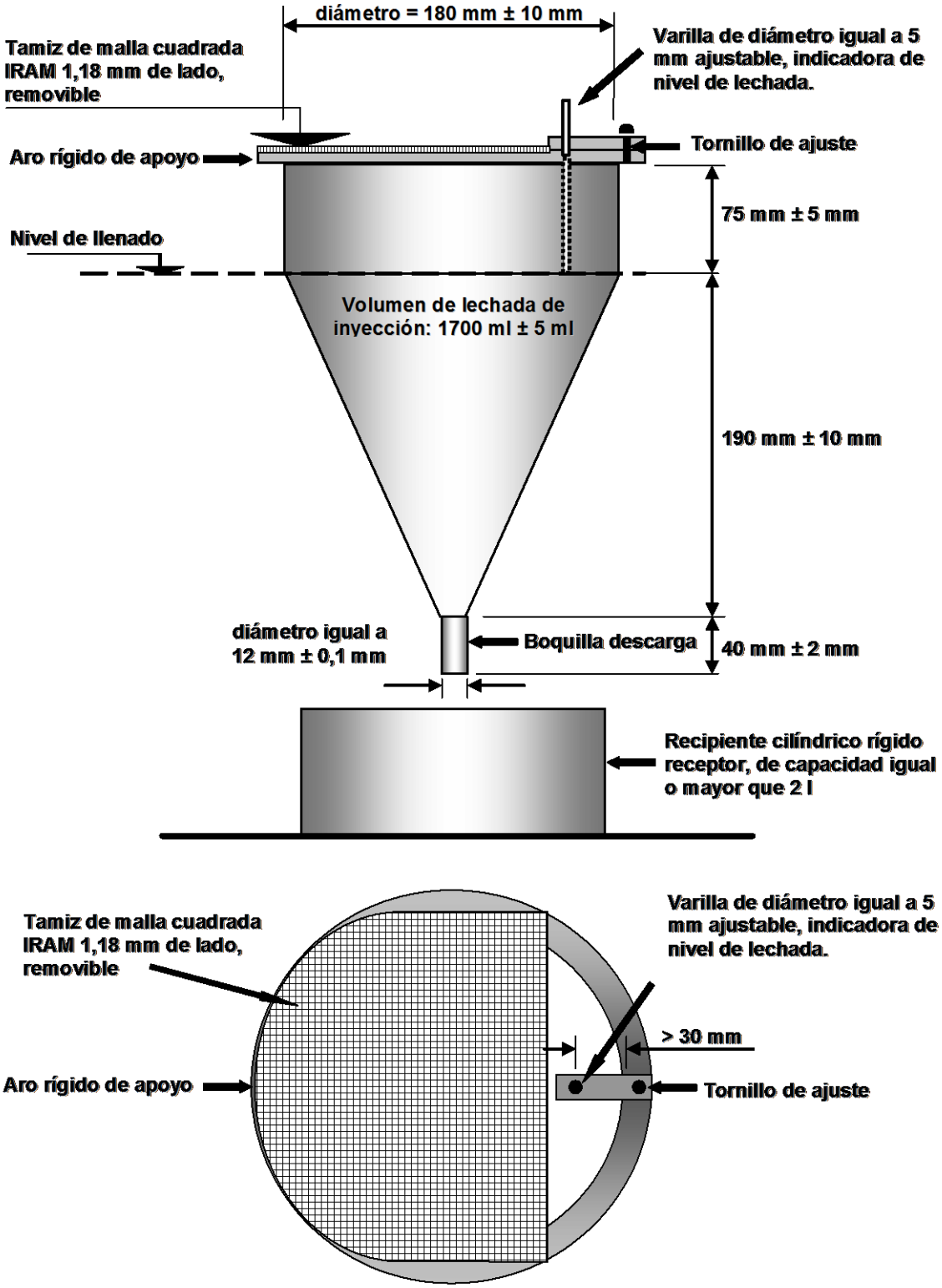


Figura 10.1. Cono de fluidez.

10.12.3. Tareas previas a la realización del ensayo de fluidez

Se debe:

a) Colocar el cono de fluidez, con el diámetro mayor hacia arriba, sobre el trípode metálico u otro tipo de elemento de sostén, en ambos casos rígidos.

b) Nivelar su parte superior para asegurar su verticalidad, sujetando firmemente el cono al elemento de sostén indicado en a).

c) Asegurar que el cono no sufrirá choques o vibraciones durante la ejecución del ensayo.

d) Colocar el recipiente cilíndrico receptor, de una capacidad igual o mayor a ***2 l***, bajo el orificio de salida de la boquilla de descarga del cono.

e) Limpiar y humedecer ligeramente toda la superficie interior del cono, cuidando que no chorree agua.

10.12.4. Calibración del cono de fluidez

El ***cono de fluidez*** se debe calibrar antes de su primer uso y periódicamente de acuerdo con el siguiente procedimiento:

a) Se deben realizar las tareas previas indicadas en el artículo 10.12.3.

b) Se cierra el orificio de salida de la boquilla de descarga del cono.

c) Se llena con agua la boquilla de descarga hasta el nivel de la boca inferior del cono.

d) Con la probeta graduada se agregan ***1700 ml ± 5 ml*** de agua, y se marca provisoriamente el nivel de llenado en el cono. Se repite la operación y se considera como nivel definitivo el valor que corresponde al promedio de las dos ***(2)*** determinaciones realizadas. Este nivel queda marcado por el extremo inferior de la varilla ajustable, que se encuentra en la parte superior del cono de fluidez.

e) Se abre el orificio inferior de salida de la boquilla de descarga del cono, y al mismo tiempo se pone en marcha el cronómetro.

f) Se mide el tiempo (en segundos), necesario para vaciar los ***1700 ml*** de agua en el recipiente cilíndrico receptor, con una precisión igual o menor de ***0,5 s***. Se repite la operación y se toma

como tiempo necesario para vaciar los ***1700 ml*** de agua en el recipiente cilíndrico receptor, el valor que corresponde al promedio de las dos ***(2)*** determinaciones realizadas.

g) Los dos valores obtenidos d) y f) antes del primer uso con lechada de inyección, servirán como base para las calibraciones posteriores, por lo que deben quedar indicados en el cono de manera visible e indeleble.

10.12.5. Procedimiento de ensayo

a) Se prepara la cantidad de lechada de inyección según el artículo 10.3.8.

b) De ser necesario se realiza la calibración del cono de fluidez según el artículo 10.12.4.

c) Se realizan las tareas previas indicadas en el artículo 10.12.3.

d) Se coloca el ***tamiz de malla cuadrada IRAM 1,18 mm*** de lado sobre la parte superior del cono.

e) Se cierra el orificio inferior de salida de la boquilla del cono.

f) Se vierte la lechada de inyección sobre el tamiz, evitando la formación de burbujas de aire en la lechada, hasta llegar a la marca indicada por la parte inferior de la varilla ajustable indicadora de nivel de llenado, (ver ***la Figura 10.1)***.

g) Se abre el orificio inferior de boquilla de descarga del cono, y al mismo tiempo se pone en marcha el cronómetro.

h) Se mide el tiempo, (en segundos), necesario para vaciar los ***1700 ml*** de lechada en el recipiente cilíndrico receptor, con una precisión igual o menor de ***0,5 s***.

i) Se registra si hay presencia de grumos en el tamiz.

10.12.6. Valores de ensayo a registrar

a) En cada ensayo se deben registrar los valores del tiempo de escurrimiento de las dos determinaciones y su promedio que constituye el resultado del ensayo.

10.13. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA EXUDACIÓN DE LA LECHADA DE INYECCIÓN

10.13.1. Cantidad de determinaciones por ensayo

Se debe realizar una ***(1)*** determinación de exudación por ensayo.

10.13.2. Equipamiento necesario

a) Un ***(1)*** recipiente cilíndrico transparente, de aproximadamente ***100 mm*** de diámetro y ***120 mm*** de altura, cuyas dimensiones y sus tolerancias constan en la ***Figura 10.2.***

b) Nivel de tipo carpintero de longitud mínima igual a ***200 mm***, o similar.

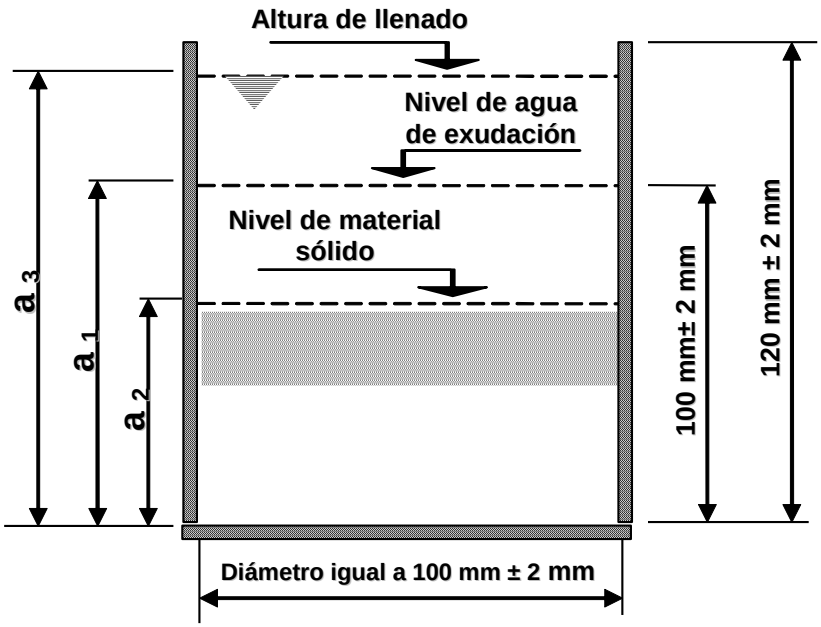


Figura 10.2. Esquema del recipiente cilíndrico transparente para determinar la exudación de la lechada de inyección.

10.13.3. Procedimiento de ensayo

a) Se utiliza la misma lechada de inyección que se elaboró de acuerdo con el artículo 10.3.8., para realizar el ensayo de fluidez.

b) Se coloca el recipiente sobre una superficie lisa y nivelada. Se nivela la parte superior del recipiente para asegurar su verticalidad, y se asegura que no sufrirá choques o vibraciones durante la ejecución del ensayo.

c) Se vierte la lechada de inyección en el recipiente cilíndrico transparente hasta alcanzar una altura de ***100 mm ± 2 mm***.

d) Se registra la altura de la lechada de inyección ***(a_1)*** sin tener en cuenta el menisco.

e) Se tapa el recipiente con un paño húmedo, y se lo mantiene permanentemente tapado con el paño humedecido durante ***24 horas***, para evitar la pérdida de agua por evaporación.

f) Después de transcurridas ***3 horas*** de iniciado el ensayo, se saca el paño húmedo y se miden desde el fondo del recipiente las alturas correspondientes al nivel de agua de exudación ***(a_3)*** y al nivel de material sólido ***(a_2)***. Finalizadas las mediciones se vuelve a tapar el recipiente con el paño húmedo.

g) Se calcula la exudación de agua de la lechada de inyección, usando la siguiente expresión:

$$E_x\,(\%) = \frac{a_3 - a_2}{a_1}\;100$$

h) El agua exudada se debe reabsorber totalmente después de transcurridas ***24 horas*** de iniciado el ensayo.

10.13.4. Valores de ensayo a registrar

a) Se debe registrar la altura inicial de la lechada de inyección ***(a_1)*** sin tener en cuenta el menisco, las alturas correspondientes al nivel de agua de exudación ***(a_3)*** y al nivel de material sólido ***(a_2)***, después de transcurridas ***3 horas***.

b) La exudación del agua de la lechada de inyección, expresada en ***%***.

c) Cantidad de horas en que el agua exudada se reabsorbió totalmente.

10.14. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA VARIACIÓN DE VOLUMEN DE LA LECHADA DE INYECCIÓN

10.14.1. Cantidad de probetas por ensayo

Se debe considerar como resultado de un ***(1)*** ensayo al promedio de las variaciones de volumen obtenidos sobre tres ***(3)*** probetas de un mismo pastón.

10.14.2. Equipos

a) Tres ***(3)*** recipientes cilíndricos transparentes, de aproximadamente ***100 mm*** de diámetro y ***120 mm*** de altura, cuyas dimensiones y sus tolerancias se indican en la ***Figura 10.3.***

b) Tres ***(3)*** placas transparentes de referencia de un diámetro aproximado de ***98 mm*** y de una masa de ***10 g***, para colocar en cada uno de los recipientes, sobre la lechada de inyección. Sus dimensiones y sus tolerancias se indican en la ***Figura 10.3.***

c) Nivel de tipo carpintero con longitud mínima de ***200 mm***, o similar.

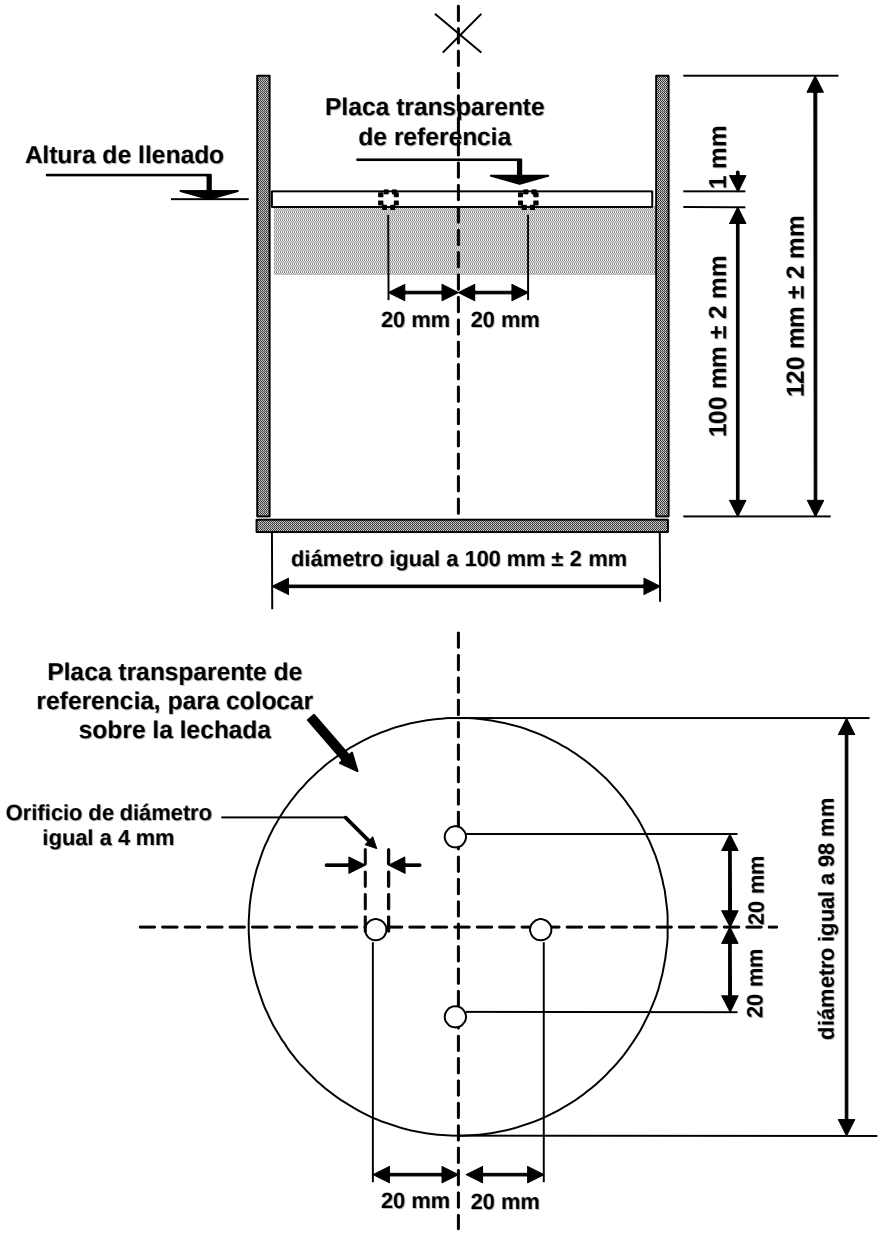


Figura 10.3. Recipiente cilíndrico transparente para determinar la estabilidad volumétrica de la lechada de inyección.

10.14.3. Procedimiento de ensayo

a) Se usa la misma lechada de inyección que se elaboró de acuerdo con el artículo 10.8.3., para realizar el ensayo de fluidez.

b) Se colocan los tres ***(3)*** recipientes sobre una superficie lisa y nivelada. Se nivela la parte superior de los recipientes para asegurar su verticalidad, y se asegura que no sufrirán choques o vibraciones durante la ejecución del ensayo.

c) Se vierte la lechada de inyección en el recipiente cilíndrico transparente hasta alcanzar una altura de ***100 mm ± 2 mm***.

d) Inmediatamente después de que se llenaron los recipientes se coloca en cada uno la placa transparente de referencia sobre la lechada de inyección.

e) Se mide la distancia entre la placa transparente de referencia y el borde del recipiente, en al menos seis ***(6)*** puntos diferentes, marcando en el recipiente la ubicación de los mismos. Se calcula el promedio de las seis ***(6)*** lecturas y este valor se lo adopta como medida inicial (h_i).

f) Se tapa el recipiente con un paño húmedo y se lo mantiene en esas condiciones durante ***24 horas***, para evitar la pérdida de agua de exudación por evaporación.

g) Después de transcurridas ***24 horas*** se destapa cada recipiente y se mide la distancia entre la placa transparente de referencia y el borde del recipiente, en los mismos seis ***(6)*** puntos en que se realizó la medición inicial. Se calcula el promedio de las seis ***(6)*** lecturas, y este valor se lo adopta como medida final (h_f).

h) Se calcula la variación de volumen ***(ΔV)*** de la lechada de inyección, de cada recipiente, en ***%***, con una precisión de ***0,1 %***, usando la siguiente expresión:

$$\Delta V\ (\%) = \frac{h_f - h_i}{h_i}\ 100$$

i) La variación de volumen de la lechada de inyección, en ***%***, se obtiene como promedio de las tres ***(3)*** determinaciones individuales.

10.14.4. Valores de ensayo a registrar

a) Las seis ***(6)*** distancias medidas entre la placa transparente de referencia y el borde del recipiente inicial, y su promedio.

b) Las seis ***(6)*** distancias medidas entre la placa transparente de referencia y el borde del recipiente después de transcurridas ***24 horas***, y su promedio.

c) Las variaciones de volumen individuales.

d) La variación de volumen promedio.

10.15. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE FRAGUADO DE LA LECHADA DE INYECCIÓN

Para determinar el ***tiempo de fraguado*** de la lechada de inyección se usará la técnica especificada en la ***norma IRAM 1619***, excepto en lo que hace a los apartados ***G2, G3 y G4***, los cuales se modifican de la siguiente manera:

a) **G2 y G3 - Condiciones ambientales**. El ensayo de tiempo de fraguado se realizará en las condiciones ambientales en que se ejecutará en obra la inyección de las vainas.

b) **G4 - Preparación de la lechada.** La mezcla de inyección se preparará con materiales representativos de los que se usarán en obra, en un todo de acuerdo con lo especificado en el artículo 10.8.3.

10.16. MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA LECHADA DE INYECCIÓN

10.16.1. Resistencia a compresión

La resistencia a compresión de la lechada de inyección se determinará a la edad de ***28 días*** sobre probetas cilíndricas de ***100 mm*** de diámetro y ***80 mm*** de altura. Las probetas serán curadas hasta el momento de su ensayo, en una pileta con una solución saturada de hidróxido de calcio a ***23 °C ± 2 °C***, y ensayadas a compresión según la norma ***IRAM 1546***.

Una vez finalizado el ***ensayo de variación de volumen***, se recuperarán las tres ***(3)*** probetas cilíndricas, las cuales se usarán para ser ensayadas a compresión, previamente a su acondicionamiento según el artículo 10.16.4.

10.16.2. Cantidad de probetas por ensayo

A los fines de este Reglamento se considera como ***un (1) ensayo*** al valor que se obtiene como promedio de los resultados de resistencia a compresión obtenidos de tres ***(3)*** probetas moldeadas con lechada de un mismo pastón.

10.16.3. Equipamiento necesario

a) Prensa para ensayo a compresión, que cumpla con la norma ***IRAM 1546***.

b) Máquina cortadora, provista de disco con corona de diamantes de un diámetro tal que permita aserrar las probetas en un solo corte. La máquina debe poseer un dispositivo que permita sujetar firmemente las probetas formando un ángulo de ***90°*** entre el eje longitudinal de las mismas y el disco de corte.

10.16.4. Procedimiento de ensayo

a) Después de finalizar las mediciones para el ensayo de variación de volumen, de acuerdo con el artículo 10.14., las tres ***(3)*** probetas cilíndricas se deben conservar en una pileta con una solución saturada de hidróxido de calcio a ***23 °C ± 2 °C***, hasta el momento de su acondicionamiento para su ensayo a compresión.

b) Inmediatamente antes de ser ensayadas a compresión, se retirarán del agua y se desmoldarán en forma cuidadosa, marcando con una flecha en su lateral la superficie extrema que corresponde a la parte superior del recipiente cilíndrico.

c) Una vez desmoldadas, se procederá a cortar el extremo superior del cilindro para obtener una probeta de ensayo de 80 mm de altura. Se debe cuidar que las superficies extremas de las probetas sean paralelas y formen un ángulo de ***90°*** con su eje longitudinal.

d) Se ensayan a rotura por compresión según la norma ***IRAM 1546***, expresando su resultado en MPa.

e) Se calcula la resistencia a compresión de la lechada de inyección, como el promedio de los valores individuales obtenidos en las tres ***(3)*** probetas.

10.16.5. Valores de ensayo a registrar

a) Dimensiones y masa unitaria de cada una de las probetas.

b) Resistencia a compresión obtenida en cada una de las probetas, expresada en MPa.

c) Resistencia promedio a compresión, de los tres ***(3)*** resultados individuales, expresada en MPa.

10.17. MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS TEMPERATURAS AMBIENTE DE LA LECHADA DE INYECCIÓN Y DE LA ESTRUCTURA

10.17.1. Equipamiento necesario

a) Un termómetro de vidrio o un termómetro digital de aguja, para medir la temperatura del ambiente y de la lechada.

b) Un termómetro de contacto o termocupla, para medir la temperatura de la estructura.

Estos elementos deben permitir medir la temperatura entre ***– 10 °C y 100 °C***, con una precisión de ***0,5 °C.***

10.17.2. La temperatura de la lechada de inyección se debe medir en la batea del equipo mezclador, una vez finalizado su mezclado.

10.17.3. La temperatura del ambiente se medirá a la sombra y lejos de toda fuente artificial de calor, en el lugar de la obra en que se ejecutará la inyección de las vainas.

10.17.4. La temperatura de la estructura se puede medir con un termómetro de contacto o con termocuplas especialmente colocadas en la masa del hormigón durante su hormigonado, o por cualquier otro método que garantice medir la temperatura con una precisión de ***± 1 °C***.

INTI
Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

CIRSOC
Centro de Investigación
de los Reglamentos
Nacionales de Seguridad
para las Obras Civiles

Ministerio de Obras Públicas de la Nación
Secretaría de Obras Públicas

www.inti.gob.ar

INTIArg

@INTIargentina

INTI

@intiargentina

canalinti