

**INTI**  
Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

Reglamento CIRSOC 202

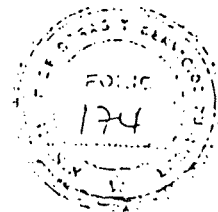


Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales  
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI

# Hormigón Liviano de Estructura Compacta, Dimensionamiento, Elaboración y Control

Marzo 1985

**SIREA**  
Esta Publicación integra el  
Sistema Reglamentario Argentino  
para las Obras Civiles



*Ministerio de Obras y Servicios Públicos*

BUENOS AIRES, 16 Mayo 1991

VISTO el presente Expediente Nº 40.079/91 por el cual el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC) solicita la aprobación e incorporación al Sistema Reglamentario Argentino (SIREA) de tres nuevos documentos normativos y

CONSIDERANDO:

Que de acuerdo a lo establecido en el Artículo 49 de la Resolución SSOySP Nº 59/90, es facultad de la Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos el disponer la incorporación al SIREA de todos aquellos documentos técnicos que considere apropiados.

Que por Minuta Nº 9/86 de fecha 4 de diciembre de 1986, con la Presidencia del representante del Ministerio de Obras y Servicios Públicos, el Comité Ejecutivo del CIRSOC dio su conformidad para elevar a la aprobación el Reglamento CIRSOC 202 "Hormigón Liviano de Estructura Compacta, Dimensionamiento, Elaboración y Control" y el Reglamento CIRSOC 204 "Hormigón Pretensado Parcial", cumplidos todos los requisitos previos de discusión pública.

Que por Minuta Nº 2/91 de fecha 26 de abril de



## *Ministerio de Obras y Servicios Públicos*

1991, con la Presidencia del representante del Ministerio de Obras y Servicios Públicos, el Comité Ejecutivo del CIRSOC dio su conformidad para elevar a la aprobación los COMENTARIOS A LA RECOMENDACION CIRSOC 303 "Estructuras Livianas de Acero - Actualización 1991", cumplidos todos los requisitos previos de discusión pública.

Que por Minuta N° 1/91 de fecha 4 de abril de 1991, con la Presidencia del representante del Ministerio de Obras y Servicios Públicos, el Comité Ejecutivo del CIRSOC aprobó la denominación correspondiente a la normativa técnica actualmente vigente y la que elaborará en el futuro, en un todo de acuerdo con la facultad establecida en el Artículo 129 de la Resolución SSOP N° 59/90, incluyendo la designación de los documentos arriba citados.

Que la presentación gráfica de los documentos cuya aprobación se solicita, cumple con lo establecido en el Artículo 59 y Anexo I de la Resolución SSOP N° 59/90.

Que la Subsecretaría de Obras y Servicios Públicos es competente para el dictado de la presente Resolución en virtud del Decreto N° 1393/84 y la delegación de facultades establecida por la Resolución

27  
10



Ministerio de Obras y Servicios Públicos  
MOySP Nº 603/90.

Por ello, .

EL SUBSECRETARIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS  
RESUELVE:

ARTICULO 19.- Aprobar y autorizar para su difusión pública los siguientes documentos normativos elaborados por el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC): a) REGLAMENTO CIRSOC 202 "Hormigón Liviano de Estructura Compacta, Dimensionamiento, Elaboración y Control"; b) REGLAMENTO CIRSOC 204 "Hormigón Pretensado Parcial" y c) COMENTARIOS A LA RECOMENDACION CIRSOC 303 "Estructuras Livianas de Acero-Actualización 1991".

ARTICULO 29.- Incorporar los documentos indicados en el Artículo 19 en el Sistema Reglamentario Argentino para las Obras Civiles (SIREA).

ARTICULO 39.- Comuníquese, publíquese, dese a la Dirección del Registro Oficial y archívese.

DR. WYLIAN ROLANDO OTRERA  
SUBSECRETARIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS

RESOLUCION Nº 80/91 880VSP



**INTI**  
Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

Reglamento CIRSOC 202



Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales  
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI

# Hormigón Liviano de Estructura Compacta, Dimensionamiento, Elaboración y Control

Marzo 1985

**SIREA**  
Esta Publicación integra el  
Sistema Reglamentario Argentino  
para las Obras Civiles

# INTI CIRSOC

*Av. Cabildo 65 Subsuelo - Ala Savio  
(C1426AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
República Argentina*

*Tel./Fax: (54 11) 4779-5271/5273*

*Web: [www.inti.gob.ar/cirsoc](http://www.inti.gob.ar/cirsoc)*

*E-mail: [cirsoc@ffmm.gov.ar](mailto:cirsoc@ffmm.gov.ar)  
[cirsoc@inti.gob.ar](mailto:cirsoc@inti.gob.ar)*

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

**Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani**

© 1997

**Editado por INTI  
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL  
Av. Leandro N. Alem 1067 - 7<sup>o</sup> piso - Buenos Aires. Tel. 313-3013**

**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.**



## **ORGANISMOS PROMOTORES**

Ministerio de Obras y Servicios Públicos

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires

Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda

Empresa Obras Sanitarias de la Nación

Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires

Comisión Nacional de Energía Atómica

Empresa del Estado Agua y Energía Eléctrica

Dirección Nacional de Vialidad

Hidronor S.A

## **MIEMBRO ADHERENTE**

Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas

\*\*

## **ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCION DEL REGLAMENTO CIRSOC 202**

Ing. Alberto S. C. Fava

Ing. Guillermo N. Burgoa

Ing. José F. Colina

Ing. Martín Öfele

\*\*





## INDICE

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO 1. CAMPO DE VALIDEZ  | 1  |
| CAPITULO 2. DEFINICIONES  | 3  |
| 2.1. - Hormigón liviano de contextura compacta  | 3  |
| 2.2. - Hormigón armado liviano  | 3  |
| CAPITULO 3. EXIGENCIAS QUE DEBEN CUMPLIR EL CONSTRUCTOR Y<br>LAS FIRMAS O EMPRESAS QUE FABRICAN AGREGADOS<br>LIVIANOS, HORMIGON ELABORADO LIVIANO O ELEMEN <u>U</u><br>TOS PREMOLDEADOS DE HORMIGON LIVIANO | 5  |
| CAPITULO 4. MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGON LIVIANO Y<br>OTROS QUE SE EMPLEEN PARA LA CONSTRUCCION DE<br>LAS ESTRUCTURAS  | 7  |
| CAPITULO 5. CLASIFICACION DE LOS HORMIGONES LIVIANOS POR<br>SUS RESISTENCIAS MECANICAS, SUS DENSIDADES Y<br>SUS APLICACIONES  | 9  |
| 5.1. - Disposiciones generales  | 9  |
| 5.2. - Clases de resistencia y aplicaciones   | 9  |
| 5.3. - Clases de densidad del hormigón endurecido, <u>seca</u><br>do al aire  | 11 |
| 5.4. - Clasificación por clases de resistencia y densi-<br>dad del hormigón secado al aire  | 11 |
| CAPITULO 6. CONDICIONES Y EXIGENCIAS PARTICULARES QUE <u>DE</u><br>BERAN CUMPLIR LOS HORMIGONES LIVIANOS  | 13 |
| 6.1. - Contenido unitario de cemento del hormigón compacto  | 13 |
| 6.2. - Condiciones que deben cumplir los agregados  | 14 |
| 6.3. - Incorporación intencional de aire  | 15 |

|   |        |
|---|--------|
| 6.4. - Durabilidad  | 15     |
| 6.5. - Contenido unitario de agua y asentamiento del<br>hormigón liviano  | 16     |
| 6.6. - Densidad del hormigón endurecido (7 días de cura<br>húmedo y 21 días de secado al aire)  | 17     |
| 6.7. - Resistencias mecánicas del hormigón  | 18     |
| <br>ANEXOS AL CAPITULO 6  | <br>19 |
| <br>CAPITULO 7. DETERMINACION DE LA COMPOSICION DEL HORMI-<br>GON LIVIANO   | <br>21 |
| <br>ANEXOS AL CAPITULO 7  | <br>23 |
| <br>CAPITULO 8. VERIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS Y CALI_<br>DAD DEL HORMIGON LIVIANO Y DE SUS MATERIA_<br>LES COMPONENTES, DURANTE EL PROCESO CONS-<br>TRUCTIVO  | <br>25 |
| 8.1. - Ensayos que deben realizarse sobre muestras de<br>cada partida de agregado grueso que llegue a<br>obra   | 25     |
| 8.2. - Control de la cantidad de agua absorbida por los<br>agregados gruesos livianos en las pilas de aco-<br>pio, hasta el momento de la medición de los ma-<br>teriales para su ingreso a la hormigonera. | 26     |
| 8.3. - Control de la calidad y uniformidad del hormigón<br>durante el proceso constructivo  | 26     |
| .1. Ensayos mínimos de aceptación del hormigón  | 26     |
| .2. Ensayos y verificaciones mínimos de aceptación<br>a realizar sobre el hormigón fresco   | 27     |
| .3. Ensayos mínimos de aceptación del hormigón en-<br>durecido  | 28     |
| <br>ANEXOS AL CAPITULO 8  | <br>29 |

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO 9. PRODUCCION Y TRANSPORTE DEL HORMIGON                                       | 31 |
| 9.1. - Medición de los materiales y mezclado del hormigón                              | 31 |
| 9.2. - Transporte del hormigón liviano a obra  | 33 |
| 9.3. - Manipuleo y Colocación  | 34 |
| 9.4. - Compactación del hormigón liviano   | 34 |
| 9.5. - Protección y curado   | 35 |
| ANEXOS AL CAPITULO 9   | 37 |
| CAPITULO 10. RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA DE ACERO                                     | 39 |
| ANEXOS AL CAPITULO 10  | 41 |
| CAPITULO 11. BASES PARA EL CALCULO DE LAS DEFORMACIONES                                | 43 |
| 11.1. - Deformaciones bajo cargas de servicio  | 43 |
| .1. Hormigón (módulo de elasticidad)   | 43 |
| 11.2. - Deformaciones bajo cargas superiores a las de servicio                         | 43 |
| 11.3. - Fluencia lenta y retracción del hormigón                                       | 43 |
| .1. Generalidades  | 43 |
| .2. Fluencia lenta   | 44 |
| .3. Retracción   | 44 |
| 11.4. - Coeficiente de dilatación térmica  | 44 |
| ANEXOS AL CAPITULO 11  | 45 |
| CAPITULO 12. DIMENSIONAMIENTO PARA FLEXION SIMPLE Y COMPUESTA Y PARA SOLICITACION AXIL | 47 |
| 12.1. - Generalidades  | 47 |
| 12.2. - Comportamiento bajo cargas de servicio   | 47 |
| 12.3. - Principios básicos para la determinación de las solicitaciones de rotura       | 47 |
| 12.4. - Elementos comprimidos zunchados  | 47 |
| 12.5. - Tensiones admisibles de compresión bajo cargas localizadas                     | 47 |

|  |        |
|--|--------|
| 12.6. - Verificación de la seguridad a pandeo  | 48     |
| 12.7. - Dimensionamiento para esfuerzos de corte y torsión                           | 48     |
| .1. Principio general  | 48     |
| .2. Valores básicos de la tensión de corte   | 48     |
| .3. Criterio para el dimensionamiento de la <u>armadura</u> de corte                 | 48     |
| .4. Reglas para el dimensionamiento de la <u>armadura</u> de corte                   | 48     |
| 12.8. - Reducción de la fisuración   | 49     |
| 12.9. - Limitación de la deformación bajo cargas de servicio                         | 49     |
| <br>ANEXO AL CAPITULO 12   | <br>51 |
| <br>CAPITULO 13. REGLAS PARA EL ARMADO   | <br>53 |
| 13.1. - Generalidades  | 53     |
| 13.2. - Características de las armaduras y <u>mandriles</u> de doblado               | 53     |
| 13.3. - Adherencia   | 53     |
| 13.4. - Armadura de corte  | 54     |
| 13.5. - Especificaciones especiales para barras de acero con $d_s \geq 25$ mm        | 54     |
| .1. Verificación de las tensiones de adherencia                                      | 54     |
| .2. Empalmes traccionados  | 54     |
| .3. Recubrimiento de hormigón  | 54     |
| 13.6. - Especificaciones especiales para mallas de acero para hormigón               | 54     |
| 13.7. - Paquetes de barras   | 55     |
| <br>ANEXO AL CAPITULO 13   | <br>57 |
| <br>CAPITULO 14. DIRECTIVAS ESPECIALES PARA ELEMENTOS DE HORMIGON LIVIANO CLASE HL 8 | <br>59 |

## CAPITULO 1. CAMPO DE VALIDEZ

1.1. Este Reglamento tiene validez para las estructuras de hormigón simple y hormigón armado ejecutadas con hormigón liviano de contextura cerrada (compacta), según el artículo 2.3.7. de CIRSOC 201.

1.2. En general, tendrán validez todas las disposiciones contenidas en los capítulos 1 a 25 inclusive, del Reglamento CIRSOC 201, que no se opongan a lo especificado en el presente Reglamento.

1.3. En casos particulares, las dudas que puedan presentarse en la aplicación del CIRSOC 201 al hormigón liviano de contextura compacta o a las estructuras que se construyan con este material, se resolverán de acuerdo con lo que al respecto disponga el Director de Obra.

### 1.4. NUEVOS MATERIALES, METODOS, PROCEDIMIENTOS O SISTEMAS

- a) El presente Reglamento no impide el empleo de materiales, métodos, procedimientos o sistemas no específicamente descritos en el mismo, con tal de que exista experiencia e información suficiente al respecto, y que se posean resultados de ensayos de laboratorio y/o de comportamiento satisfactorio de aquellos en las condiciones reales de trabajo en obra, y que dichos materiales, métodos, procedimientos o sistemas sean previamente aprobados por el Director de Obra y si fuera el caso, por la Autoridad Fiscalizadora.
- b) La aprobación solo podrá otorgarse una vez conocidos los resultados de los estudios y experiencias que resulten necesarios para juzgar su comportamiento. El empleo solo se autorizará una vez formuladas las correspondientes especificaciones técnicas, y siempre que con los mencionados materiales, métodos, procedimientos o sistemas puedan obtenerse estructuras de por lo menos las mismas condiciones de seguridad que se establecen en este Reglamento. La autorización del empleo deberá obtenerse por escrito.



## CAPITULO 2. DEFINICIONES

### 2.1. HORMIGON LIVIANO DE CONTEXTURA COMPACTA

- a) Es el hormigón que contiene agregados livianos y cumple las condiciones establecidas en los artículos 2.3.5. y 2.3.7. del Reglamento CIRSOC 201. La densidad del hormigón endurecido determinada en las condiciones que establece el artículo 6.2.2. de la norma IRAM 1567, (7 días de curado húmedo y 21 días de secado al aire, ambos en condiciones normalizadas de humedad y temperatura) no será menor de  $800 \text{ kg/m}^3$  ni mayor de  $2000 \text{ kg/m}^3$ . Su composición, elaboración, colocación y compactación serán tales que el hormigón endurecido tenga una estructura cerrada y masa compacta, libre de vacíos macroscópicos.
- b) Para su elaboración se emplearán agregados finos y gruesos livianos que cumplan las condiciones establecidas en la norma IRAM 1567. Cuando sea necesario para que el hormigón alcance la resistencia, densidad u otra característica especificada, el agregado fino liviano podrá reemplazarse, total o parcialmente, por un agregado fino natural de densidad normal que cumpla lo establecido en el artículo 6.3.1.1. del Reglamento CIRSOC 201.

### 2.2. HORMIGON ARMADO LIVIANO

Es el material constituido por hormigón liviano de contextura compacta y armaduras de acero, en concordancia con lo establecido en el artículo 2.3.3. del Reglamento CIRSOC 201.





CAPITULO 3. EXIGENCIAS QUE DEBEN CUMPLIR EL CONSTRUCTOR Y LAS FIRMAS O EMPRESAS QUE FABRICAN AGREGADOS LIVIANOS, HORMIGON ELABORADO LIVIANO, O ELEMENTOS PREMOLDEADOS DE HORMIGON LIVIANO.

Para el personal, instalación, registros, equipamiento y demás condiciones referentes a los establecimientos, fábricas, obradores, etc., por analogía, tiene validez lo establecido en el Capítulo 5 del Reglamento CIRSOC 201.



## CAPITULO 4. MATERIALES COMPONENTES DEL HORMIGON LIVIANO Y OTROS QUE SE EMPLEEN PARA LA CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS

4.1. Los agregados livianos estarán constituidos por partículas de las características establecidas en la norma IRAM 1567. Cuando las partículas sean obtenidas por procesos de expansión, sinterización o calcinación, tales que sus partículas presenten superficies externas selladas y de poros cerrados, después de salir del horno no serán sometidas a proceso alguno de trituración. Cuando las partículas tengan superficies externas de las características que acaban de indicarse, el porcentaje de partículas fracturadas, determinado como promedio de los resultados de 3 recuentos de partículas realizados sobre igual número de porciones distintas, obtenidas de una misma muestra representativa del agregado liviano del tamaño nominal a emplear en obra, no excederá del 5,0%. La muestra tendrá una masa total de por lo menos 2,0 kilogramos.

Los agregados livianos cumplirán todas las exigencias establecidas en la norma IRAM 1567 "Agregados livianos para hormigón estructural" que no se opongan a lo especificado en este Reglamento.

4.2. Este Reglamento prevé el empleo de agregados finos y gruesos livianos de los tamaños nominales establecidos en la norma IRAM 1567, y de las granulometrías especificadas en dicha norma para cada tamaño nominal.

Para los hormigones de mayores resistencias mecánicas se emplearán los menores tamaños nominales contemplados en la norma citada.

4.3. Cuando se reemplace el agregado fino liviano por otro de densidad normal y de partículas redondeadas, éste cumplirá las especificaciones establecidas en los artículos 6.3.1.1. y 6.3.2.1.1. del Reglamento CIRSOC 201. El porcentaje del material que pasa por el tamiz IRAM 300  $\mu\text{m}$  no será menor del 20,0%. Cuando el agregado fino natural disponible no cumpla esta condición, se lo mezclará con otro agregado fino natural de partículas redondeadas, en la proporción necesaria para dar cumplimiento a dicha exigencia, o se incorporará una adición mineral pulverulenta, (ver el artículo 6.4.2. del Reglamento CIRSOC 201), que permita cumplir la condición establecida.

4.4. En el caso de estructuras que durante su vida útil puedan ponerse en contacto con agua, suelos húmedos o exposición prolongada a una atmósfera o cli-

ma húmedos, si se desconoce el comportamiento de los agregados finos y gruesos livianos frente a los álcalis del cemento, deberá verificarse lo establecido en los artículos 6.3.1.1.2.c) y 6.3.1.2.2.c) del Reglamento CIRSOC 201.

4.5. Queda expresamente prohibido el manipuleo y transporte de los agregados livianos mediante métodos, procedimientos y equipos que produzcan la fractura, desmenuzamiento y segregación de las partículas.

Tampoco se permitirá el tránsito de vehículos entre las pilas o depósitos de acopio, y los procedimientos y manipuleos que hagan posible el entremezclado de las partículas con otras de distinta naturaleza o granulometría.

4.6. El agua, cemento pórtland, aditivos y demás materiales componentes del hormigón, y todos los que se empleen para la construcción de las estructuras, cumplirán las especificaciones contenidas en el Capítulo 6, Materiales, y demás Capítulos del Reglamento CIRSOC 201 que establezcan exigencias al respecto. Como barras y mallas de acero para armaduras solo se emplearán aceros nervurados tipo III y mallas de barras perfiladas o nervuradas (tipo IVC - Tabla 10 del CIRSOC 201).

## CAPITULO 5. CLASIFICACION DE LOS HORMIGONES LIVIANOS POR SUS RESISTENCIAS MECANICAS, SUS DENSIDADES Y SUS APLICACIONES

### 5.1. DISPOSICIONES GENERALES

Los hormigones livianos se clasifican:

- a) por sus resistencias mecánicas, de acuerdo con lo que establece el artículo 5.2.
- b) por las densidades del hormigón endurecido secado al aire, determinadas en las condiciones que establece el artículo 6.2.2. de la norma IRAM 1567, de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.3. de este Reglamento.
- c) en los casos que corresponda, además podrán clasificarse por otras propiedades tales como: resistencia a la acción del fuego, aislación acústica y coeficiente de conductibilidad térmica.

### 5.2. CLASES DE RESISTENCIA Y APLICACIONES

El hormigón liviano de obra se clasifica en función de su resistencia característica de rotura a compresión correspondiente a la edad de 28 días, determinada mediante ensayos de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Cuando el Director de Obra autorice el empleo de cemento de alta resistencia inicial, la resistencia característica se determinará mediante ensayos realizados a la edad de 7 días. Las clases de resistencia son HL - 4 a HL - 30, cuyas aplicaciones se rigen por la Tabla 1. Ver los artículos 6.6.1. y 6.6.2. del Reglamento CIRSOC 201.

Tabla 1. Clases de resistencia del hormigón liviano y aplicaciones

| 1                 | 2   | 3  |                        | 4   |                        | 5   | 6                                       |
|-------------------|---|--|------------------------|---|------------------------|---|---|
|                   |   | MN/m <sup>2</sup>  | (kgf/cm <sup>2</sup> ) | MN/m <sup>2</sup>   | (kgf/cm <sup>2</sup> ) |   |   |
| Hormigón<br>Grupo | Hormigón<br>de Clase<br>de<br>resistencia | Resistencia caracterís-<br>tica ( $\sigma'_{bk}$ ) a la edad<br>de 28 días, según lo<br>establecido en el artí-<br>culo 6.6.2.1. del CIRSOC<br>201 |                        | Resistencia media míni-<br>ma de cada serie de 3 en-<br>sayos consecutivos, se-<br>gún lo establecido en el<br>artículo 6.6.3.11.2 a)<br>del CIRSOC 201 |                        | Cumple las con-<br>diciones esta-<br>blecidas en los<br>artículos del<br>CIRSOC 201 | Aplicaciones                            |
|                   |   |  |                        |   |                        |   |   |
| HL - I            | HL - 4                                    | 4  | (40)                   | 7,0   | (70)                   | 6.6.3.  | Hormigón simple<br>únicamente           |
|                   | HL - 8                                    | 8  | (80)                   | 12,0  | (120)                  |   |   |
| HL - II           | HL - 13                                   | 13   | (130)                  | 17,5  | (175)                  | 6.6.4.  | Hormigón simple<br>y<br>Hormigón armado |
|                   | HL - 17                                   | 17   | (170)                  | 21,5  | (215)                  |   |   |
|                   | HL - 21                                   | 21   | (210)                  | 26,0  | (260)                  |   |   |
|                   | HL - 30                                   | 30   | (300)                  | 35,0  | (350)                  |   |   |

5.3. CLASES DE DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO, SECADO AL AIRE (artículo 6.2.2. de norma IRAM 1567) .

El hormigón liviano se clasifica, según se establece en la Tabla 2, en las clases de densidad  $\rho = 1,0$  a  $\rho = 2,0$ .

Tabla 2. Clases de densidad del hormigón endurecido secado al aire (IRAM 1567, artículo 6.2.2.)

| Clases de densidad<br>( $\rho$ ) | Ambito que abarca la clase de densidad (Valores medios)<br>kg/dm <sup>3</sup> |
|----------------------------------|---|
| 1,0                              | 0,80 a 1,00   |
| 1,2                              | 1,01 a 1,20   |
| 1,4                              | 1,21 a 1,40   |
| 1,6                              | 1,41 a 1,60   |
| 1,8                              | 1,61 a 1,80   |
| 2,0                              | 1,81 a 2,00   |

5.4. CLASIFICACION POR CLASES DE RESISTENCIA Y DENSIDAD DEL HORMIGON SECADO AL AIRE

La Tabla 3 indica cifras de orientación para correlacionar valores medios de clases de resistencia y de densidad de los hormigones livianos.

Tabla 3. Valores medios estimativos de orientación que correlacionan las clases de resistencia con las densidades del hormigón secado al aire

| Clase de resistencia | Clase de densidad   |  |
|----------------------|---|--|
|                      | Hormigón elaborado con agregado fino natural de densidad normal (kg/dm <sup>3</sup> ) | Hormigón elaborado con agregado fino liviano (kg/dm <sup>3</sup> ) |
| HL - 4               | —   | desde 1,0  |
| HL - 8               | desde 1,4   | desde 1,2  |
| HL - 13              | desde 1,4 ó desde 1,6   | desde 1,2 ó desde 1,4  |
| HL - 21              | desde 1,6   | desde 1,4  |
| HL - 30              | desde 1,6 ó desde 1,8   | desde 1,4 ó desde 1,6  |





## CAPITULO 6. CONDICIONES Y EXIGENCIAS PARTICULARES QUE DEBERAN CUMPLIR LOS HORMIGONES LIVIANOS

### 6.1. CONTENIDO UNITARIO DE CEMENTO DEL HORMIGON COMPACTO

- a) El hormigón contendrá la cantidad de cemento que resulte necesaria para obtener las resistencias mecánicas, densidad, durabilidad y demás características especificadas, y también para proteger a las armaduras contra los efectos de la corrosión. El contenido unitario de cemento correspondiente a cada conjunto de materiales y de condiciones especificadas para el hormigón, se determinará experimentalmente, mediante estudios y ensayos previos realizados con el conjunto de materiales a emplear en obra, o en base a resultados obtenidos en obra, con hormigones elaborados con el mismo conjunto de materiales y empleados para construir estructuras ejecutadas en fecha anterior a la construcción de la nueva estructura.

En cualquiera de los casos, las proporciones de materiales y los resultados de los estudios, ensayos y experiencias realizadas o anteriores deberán ser previamente sometidos a la consideración del Director de Obra para su aprobación. Ver el artículo 6.6.1. del Reglamento CIRSOC 201. En el caso de estructuras de características importantes, a juicio del Director de Obra, se tendrán en cuenta especialmente los efectos de la fluencia lenta (creep) del hormigón.

- b) Para los casos corrientes generales y tratándose de estructuras de hormigón armado, el contenido unitario de cemento no será menor de 300 kg por metro cúbico de hormigón compactado, ni excederá de 500 kg/m<sup>3</sup>, con las excepciones que se indican. En el caso de elementos estructurales principales, a juicio del Director de obra, y en todos los casos en que sea necesario obtener altas resistencias mecánicas, una elevada durabilidad, altas impermeabilidades, elevada protección contra la corrosión de las armaduras, o condiciones de servicio o de exposición particularmente severas, el contenido unitario de cemento no será menor de 400 kg/m<sup>3</sup> de hormigón, que se elevará a 450 kg/m<sup>3</sup> en el caso de que los elementos estructurales vayan a estar

expuestos a condiciones severas de abrasión superficial.

Cuando se autorice el transporte del hormigón liviano por bombas a pistón, el mínimo contenido unitario de cemento no será menor de  $330 \text{ kg/m}^3$ .

- c) En el caso de las estructuras de hormigón armado, si se autoriza el empleo de cemento de alta resistencia inicial, la reducción del contenido unitario de cemento a que hace referencia el artículo 6.6.3.3.e) del Reglamento CIRSOC 201 sólo podrá aplicarse siempre que dicha reducción no implique que el contenido unitario de cemento del hormigón sea menor de  $300 \text{ kg/m}^3$ . Si este fuese el caso, el contenido mínimo será de  $300 \text{ kg/m}^3$ .

#### 6.2. CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS AGREGADOS

- a) Los agregados livianos tendrán las granulometrías establecidas en la Tabla I de la norma IRAM 1 567 para el agregado fino y para cada tamaño nominal del agregado grueso.
- b) El tamaño máximo del agregado grueso no excederá de 25 mm. Los hormigones de clases de resistencia HL - 21 y mayores se elaborarán con agregados gruesos de tamaños nominales menores (12,5 a 4,75 mm y 9,5 a 2,0 mm).
- c) Cuando se empleen agregados gruesos de tamaño nominal 12,5 mm a 4,75 mm y 9,5 mm a 2,0 mm el agregado total estará constituido por lo menos por dos fracciones de partículas que se almacenarán y medirán separadamente. Una de ellas será el agregado fino. Cuando el agregado fino esté constituido por una mezcla de agregado liviano y agregado natural de densidad normal, cada fracción de agregado se almacenará y medirá separadamente. Para los tamaños nominales 19 a 4,75 mm y 25,0 a 4,75 mm, el agregado grueso estará constituido por lo menos por dos fracciones separadas por el tamiz de 12,5 mm. Dichas fracciones se almacenarán y medirán separadamente. La mezcla de las dos fracciones en proporciones adecuadas deberá tener la granulometría establecida en la norma IRAM 1 567 para el tamaño nominal de que se trate.
- d) El material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300  $\mu\text{m}$  (adición mineral pulverulenta) no se considerará como una fracción granulométrica del agregado total.

### 6.3. INCORPORACION INTENCIONAL DE AIRE

- a) Todo hormigón liviano, expuesto o no a ciclos de congelación y deshielo o a una agresión de naturaleza química o física y química, con tendrá un porcentaje de aire, natural e intencionalmente incorporado, comprendido dentro de los límites establecidos en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje total de aire incorporado, en función del tamaño máximo del agregado grueso.

| Tamaño máximo del agregado grueso (mm) | Exposición severa (*) | Exposición benigna o moderada (**) |
|--|-----------------------|------------------------------------|
| 9,5                                    | 7,0 ± 1,5             | 6,0 ± 1,5                          |
| 12,5                                   | 7,0 ± 1,5             | 6,0 ± 1,5                          |
| 19,0                                   | 6,0 ± 1,5             | 5,0 ± 1,5                          |
| 25,0                                   | 6,0 ± 1,5             | 5,0 ± 1,5                          |

(\*) Exposición severa: exposición a la intemperie en clima frío, donde el hormigón pueda estar en contacto prácticamente permanente con humedad antes de que se produzca la temperatura de congelación o se emplean sales para eliminar el hielo. Por ejemplo: pavimentos, tableros de puentes, depósitos para agua etc.

(\*\*) Exposición benigna o moderada: exposición a la intemperie en clima donde no se producen temperaturas de congelación, o climas en los que el hormigón solo ocasionalmente se pondrá en contacto con humedad antes de que se produzcan las temperaturas de congelación, y donde no se emplean sales para eliminar el hielo. Por ejemplo: paredes exteriores, vigas principales o no y losas, fuera de contacto directo con el suelo.

- b) El contenido de aire del hormigón liviano se determinará por el método volumétrico, según norma IRAM 1511.

### 6.4. DURABILIDAD

- a) Todo hormigón liviano que quedará expuesto a la intemperie, en contacto con una atmósfera no agresiva, con sólo excepcionalmente temperaturas de 0°C o menores tendrá una resistencia característica de rotura a compresión, a la edad de 28 días, de 17 MN/m<sup>2</sup> (170 kg/cm<sup>2</sup>) o mayor (clase HL - 17 o mayor).

b) El hormigón liviano frecuentemente humedecido y expuesto a temperaturas de 0°C o menores, o a ciclos de congelación y deshielo, o que estará en contacto con sales empleadas para eliminar el hielo de su superficie, tendrá una resistencia característica de rotura a compresión a la edad de 28 días, igual o mayor de 21 MN/m<sup>2</sup> (210 kg/cm<sup>2</sup>) (HL - 21 ó mayor). (Ver Anexo a este artículo).

c) En el caso de estructuras de hormigón simple o armado, el hormigón liviano que deba resultar impermeable o que estará en contacto con agua, suelos húmedos o soluciones no agresivas pero que puedan favorecer la corrosión de las armaduras, tendrá una resistencia característica de rotura a compresión, a la edad de 28 días, igual o mayor de 25 MN/m<sup>2</sup> (250 kg/cm<sup>2</sup>).

Si el contacto es con agua de mar, la resistencia característica será igual o mayor de 27 MN/m<sup>2</sup> (270 kg/cm<sup>2</sup>).

La penetración de agua, determinada de acuerdo al método indicado en la norma IRAM 1 554, no excederá de 50 mm. Para las estructuras de hormigón armado, el contenido total de cloruros aportado por los materiales componentes del hormigón no excederá de los límites establecidos en el artículo 6.5. del Reglamento CIRSOC 201.

d) Los hormigones livianos expuestos al contacto con sulfatos solubles en agua (ver renglón 6, Tabla 7, Reglamento CIRSOC 201) tendrán las resistencias características de rotura o compresión, a la edad de 28 días, que se indican a continuación:

- ataque moderado o contacto con agua de mar: 27 MN/m<sup>2</sup> (270 kg/cm<sup>2</sup>)

- ataque fuerte: 29 MN/m<sup>2</sup> (290 kg/cm<sup>2</sup>)

- ataque muy fuerte: 29 MN/m<sup>2</sup> (290 kg/cm<sup>2</sup>)

Además estos hormigones contendrán cementos resistentes a la acción de los sulfatos y cumplirán las exigencias correspondientes a las llamadas (3), (4) y (5) que figuran al pie de la mencionada Tabla 7 y disposiciones que resulten aplicables del artículo 6.6.5.4. del Reglamento CIRSOC 201.

(Ver el anexo al presente artículo 6.4.)

#### 6.5. CONTENIDO UNITARIO DE AGUA Y ASENTAMIENTO DEL HORMIGON LIVIANO

a) El hormigón liviano contendrá la menor cantidad posible de agua que

permita su adecuada colocación y compactación, el perfecto llenado de los encofrados y la obtención de estructuras compactas y bien terminadas. El asentamiento (IRAM 1 536) será el menor posible, compatible con la obtención de las condiciones expresadas y con la exigencia de evitar la segregación del agregado grueso del hormigón.

- b) El asentamiento máximo del hormigón fresco no excederá de 10,0 cm, con las tolerancias para pastones individuales, establecidas en el artículo 6.6.3.10. del Reglamento CIRSOC 201. En casos particulares y excepcionalmente, siempre que se demuestre el cumplimiento de todas las condiciones establecidas en el inciso anterior a), el Director de obra podrá autorizar que el asentamiento máximo sea mayor que el indicado, sin exceder en ningún caso, de 15,0 cm. La autorización se suspenderá tan pronto se observe que el agregado grueso se seque y flota hacia la superficie superior de la estructura, o si se producen inconvenientes o demoras en las operaciones de colocación, compactación o terminación de la estructura.

(ver el anexo a este artículo).

#### 6.6. DENSIDAD DEL HORMIGON ENDURECIDO (7 DIAS DE CURADO HUMEDO Y 21 DIAS DE SECADO AL AIRE

- a) La densidad del hormigón endurecido, a la edad de 28 días, moldeado en probetas cilíndricas normales y curado en la forma que establece el artículo 6.2.2. de la norma IRAM 1 567 (7 días de curado en cámara húmeda y 21 días de secado al aire, en las condiciones normalizadas de humedad y temperatura que establece la norma), en ningún caso excederá de dos mil kilogramos por metro cúbico de hormigón ( $2\,000\text{ kg/m}^3$ ).
- b) La densidad del hormigón endurecido especificada en a), se determinará como promedio de los resultados correspondientes a 6 probetas cilíndricas normales (15 cm de diámetro y 30 cm de altura) moldeadas con el hormigón de obra en la forma establecida por la norma IRAM 1 534, teniendo en cuenta el método de compactación a emplear en obra.
- c) En los estudios previos que se realicen para determinar la composición del hormigón, la densidad del hormigón endurecido secado al aire en las condiciones establecidas en el inciso a) deberán correlacionarse con la densidad del mismo hormigón en estado fresco, con

el fin de poder emplear a esta última como base de aceptación durante el proceso constructivo de las estructuras. La densidad del hormigón fresco se determinará moldeando por lo menos 6 probetas cilíndricas normales de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Para ello se determinará el peso y el volumen de cada molde cilíndrico antes de proceder al moldeo. El moldeo se realizará en las condiciones establecidas por la norma IRAM 1524, teniendo en cuenta el método de compactación a emplear en obra. Después de realizada la compactación, se procederá al enrase del hormigón fresco con el borde del molde y se determinará el peso neto contenido en cada uno. La pesada se realizará por lo menos al 0,3 % de la masa del hormigón contenido en el molde. Dividiendo dicho peso por el volumen del correspondiente molde, se calculará la densidad del hormigón fresco para cada uno de ellos.

El promedio de las densidades determinadas con por lo menos 3 densidades concordantes dentro del 3,0 % del promedio, se considerará como densidad del hormigón fresco.

- d) Durante las operaciones de obra, cuando la densidad del hormigón fresco varíe más de  $35 \text{ kg/m}^3$  respecto de la densidad establecida en los estudios previos, las proporciones de los materiales que componen el hormigón se modificarán en lo que sea necesario, a los efectos de que la densidad alcance el valor establecido.

La densidad del hormigón de un pastón cualquiera no deberá variar más de  $50 \text{ kg/m}^3$  respecto del valor establecido.

#### 6.7. RESISTENCIAS MECANICAS DEL HORMIGON

Tiene validez lo establecido en el artículo 6.3.3.11. del Reglamento CIRSOC 201.

## ANEXOS AL CAPITULO 6

### 6.4.

Dado que la determinación de la absorción de los agregados livianos sólo permite obtener valores inciertos o poco seguros, el cálculo preciso de la razón agua/cemento del hormigón resulta prácticamente imposible. Por tal razón, en el caso de los hormigones que contienen agregados livianos, con el fin de asegurar el empleo de una pasta de cemento de alta calidad, en lugar de establecer razones agua/cemento máximas se han especificado niveles mínimos de resistencia de rotura a compresión del hormigón, que pueden controlarse con mayor grado de confianza que los que corresponden a las razones agua/cemento de aquél.

### 6.4.b.

Tanto en el caso del hormigón liviano como en el del hormigón de densidad normal, si la estructura estará expuesta a ciclos de congelación y deshielo, ataque del sulfatos o contacto con las sales empleadas para eliminar el hielo de la superficie de las mismas la incorporación de aire en los porcentajes establecidos en el artículo 6.3. es una exigencia de fundamental importancia desde el punto de vista de la durabilidad.

### 6.5.

El asentamiento del hormigón liviano es un factor muy importante en las operaciones de colocación, compactación y terminación de las estructuras. En general, los asentamientos mayores de 10,0 cm producen la "flotación" de las partículas livianas del agregado grueso hacia la superficie superior del elemento estructural y con ello su segregación del mortero, con los consiguientes inconvenientes en lo que se refiere a pérdida de homogeneidad de la mezcla y problemas de terminación de la estructura.

En ese aspecto ocurre todo lo contrario de lo que se produce en el hormigón de densidad normal, en que un asentamiento elevado se traduce en un exceso de mortero en la superficie superior.



## CAPITULO 7. DETERMINACION DE LA COMPOSICION DEL HORMIGON LIVIANO

7.1. La determinación de la composición de cada clase o tipo de hormigón liviano a emplear en obra se realizará de acuerdo con los lineamientos generales que sean aplicables descritos en los artículos 7.3.3., 7.3.3.1. y 7.3.3.1.2. del Reglamento CIRSOC 201, con excepción de que las resistencias mecánicas no se relacionarán con las razones agua/cemento sino con el contenido unitario de cemento del hormigón para el asentamiento especificado. (Ver el Anexo a este artículo).

7.2. En el informe Técnico que debe entregar el Constructor, además de lo indicado en el artículo 7.3.3.1.g) de CIRSOC 201, deberá consignarse:

- a) El volumen sólido y masa de cada material componente que integre cada metro cúbico de hormigón, indicando el agua absorbida y humedad superficial de los agregados, y los ajustes por condición de humedad que el constructor se propone realizar en obra al medir el agua y los agregados.
- b) Módulo de elasticidad estático longitudinal. Cuando para elaborar el hormigón se empleen agregados de comportamiento desconocido, o si de bido al hecho de que el Director de Obra considera, por la importancia o características especiales de la estructura, que las deformaciones bajo las cargas de servicio juegan un rol importante en el comportamiento de la misma, y por lo tanto no resulta seguro ni aceptable adoptar los valores medios del módulo de elasticidad longitudinal indicados en el anexo al artículo 11.1.1., el informe Técnico mencionado anteriormente contendrá también los valores del módulo se cante estático determinados experimentalmente (ver el anexo a este artículo) de cada Clase o tipo de hormigón liviano cuyas proporciones se hayan establecido mediante ensayos y estudios previos. Las determinaciones se realizarán para la condición de curado especifica da en el artículo 6.2.2. de la norma IRAM 1567 y también para curado permanente en cámara húmeda. Las determinaciones se realizarán sobre probetas cilíndricas normales de 15 cm de diámetro y 30 cm de al tura, moldeadas de acuerdo con lo establecido en la norma IRAM 1534,

y ensayados a la edad de 28 días.

- c) La densidad del hormigón fresco y del hormigón endurecido secado al aire durante 21 días (IRAM 1567), correlacionadas según lo establecido en el artículo 6.6.c) de este Reglamento. Al preparar posteriormente los pastones de prueba en escala de obra (artículo 7.3.3.1.2. del CIRSOC 201) los ensayos mínimos que deberán realizarse son los indicados en el artículo 8.3.1. de este Reglamento.

7.3. Después de aprobada la "formula de obra" (artículo 7.3.3.1.2. de CIRSOC 201) no se permitirá el cambio del tipo o fuente de procedencia de los materiales, ni la modificación de las proporciones del hormigón, sin autorización previa del Director de Obra, y sin haber realizado las experiencias necesarias para apreciar los cambios que las mencionadas modificaciones de materiales o de proporciones tiene sobre el hormigón.

7.4. Las únicas modificaciones de proporciones que se autorizarán sin realización previa de experiencias, son las necesarias para mantener el contenido unitario de cemento y la densidad del hormigón fresco dentro de los valores determinados en los estudios previos realizados y que constan en el Informe Técnico del Constructor y "formula de obra" aprobada.

## ANEXO AL CAPITULO 7.

### 7.1.

Los métodos que se consignan en las publicaciones que siguen han sido experimentados con resultados satisfactorios por distintos laboratorios del país y permiten establecer, mediante procedimientos simples, la composición de los hormigones livianos que deben cumplir las exigencias especificadas.

- American Concrete Institute, Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI - 211.2 - 81)
- Comité Euro-International du Béton, CEB - FIP Manual of Lightweight Aggregate Concrete. Design and Technology. Londres, 1977 (Capítulo 3, Mix Design).

### 7.2.b

El módulo de elasticidad longitudinal (secante) estático se determinará por el método ASTM-C-469 hasta tanto en el país se normalice el método correspondiente.



## CAPITULO 8. VERIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS Y CALIDAD DEL HORMIGON LIVIANO Y DE SUS MATERIALES COMPONENTES, DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Se cumplirán todas las disposiciones contenidas en el Capítulo 7 de CIRSOC 201 que no se opongan a las disposiciones particulares que se detallan en el presente Capítulo 8.

### 8.1. ENSAYOS QUE DEBEN REALIZARSE SOBRE MUESTRAS DE CADA PARTIDA DE AGREGADO GRUESO QUE LLEGUE A OBRA

Sobre cada partida de agregado grueso liviano que llegue a obra, o cuando lo establezca el Director de Obra, se realizarán los ensayos de identificación que se detallan. La toma de muestras se realizará de acuerdo con lo establecido por la norma IRAM 1509. La masa mínima de cada muestra será de 50 kg. Los resultados de los ensayos descritos en los incisos a) a d) que siguen, se obtendrán como promedio de los valores obtenidos al realizar 3 ensayos sobre otras tantas porciones distintas provenientes de la misma muestra.

#### a) Densidad o masa volumétrica del agregado seco hasta peso constante y suelto

El ensayo se realizará de acuerdo con lo establecido en la norma IRAM 1548, con la salvedad de que el ensayo debe realizarse con el agregado seco hasta peso constante. El resultado se expresará en  $\text{kg/m}^3$ .

#### b) Granulometría

Cada ensayo se realizará sobre una muestra parcial de por lo menos 3,0 kg proveniente del mismo material empleado para determinar la densidad o masa volumétrica indicada en el inciso a). Norma de ensayo: IRAM 1505.

#### c) Porcentaje de partículas fracturadas

El ensayo se realizará en la forma descrita en el artículo 4.1. de este Reglamento. Cada porción de material tendrá por lo menos 3,0 decímetros cúbicos. El porcentaje de partículas fracturadas se expresará como % del total de partículas de la porción ensayada.

d) Procentaje de absorción de agua (24 y 48 horas)

Se determinará de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma IRAM 1533.

e) Resistencia de rotura a compresión

Cuando se observen anomalías en los resultados de los ensayos de resistencia a compresión del hormigón endurecido, o se obtengan resistencias menores que las especificadas, se procederá en concordancia con lo establecido en el artículo 6.6.3.11.4. del Reglamento CIRSOC 201. También se realizará el ensayo de resistencia a compresión establecido en el artículo 4.2.1. de la norma IRAM 1567, con el fin de verificar el cumplimiento de la condición especificada.

8.2. CONTROL DE LA CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA POR LOS AGREGADOS GRUESOS LIVIANOS EN LAS PILAS DE ACOPIO, HASTA EL MOMENTO DE LA MEDICION DE LOS MATERIALES PARA SU INGRESO A LA HORMIGONERA

La información obtenida de este ensayo tendrá valor de advertencia sobre posibles diferencias de características entre distintas partidas del agregado grueso.

(ver Anexo a este artículo)

8.3. CONTROL DE LA CALIDAD Y UNIFORMIDAD DEL HORMIGON DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO (ensayos de aceptación)

Tiene validez lo establecido en el artículo 7.4. de CIRSOC 201, con las modificaciones que se introducen en el presente artículo 8.3. de este Reglamento.

8.3.1. Ensayo mínimos de aceptación del hormigón

- a) Normalmente, los ensayos mínimos a que deben someterse los hormigones livianos de obra son:

Sobre el hormigón fresco

- Asentamiento (IRAM 1536)
- Densidad del hormigón fresco, determinada en la forma establecida en el artículo 6.6.c) de este Reglamento.
- Contenido de aire. Método volumétrico (IRAM 1511).
- Temperatura del hormigón fresco, en el momento de su colocación en los encofrados.

Sobre el hormigón endurecido

- Resistencia potencial de rotura a compresión del hormigón endurecido.
- Densidad del hormigón endurecido secado al aire durante 21 días en condiciones normalizadas, deducidas por correlación con la densidad del hormigón fresco, determinada durante el proceso constructivo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos realizados para determinar dichas características al estudiar la composición del hormigón.

8.3.2. Ensayos y verificaciones mínimos de aceptación a realizar sobre el hormigón fresco

- a) Tiene validez lo establecido en el artículo 7.4.4. de CIRSOC 201, teniendo en cuenta lo especificado en el artículo anterior 8.3.1.
- b) Al iniciarse la ejecución de la obra, las características del hormigón fresco se determinarán sobre los 3 primeros pastones de hormigón, con el fin de verificar si se cumplen las condiciones correspondientes a la "formula de obra" aprobada. (ver el artículo 7.3.3.1.2. de CIRSOC 201 y los artículos 7.3. y 7.4. de este Reglamento). Los ajustes que resultan necesarios se realizarán inmediatamente.
- c) La frecuencia de realización de los ensayos será la indicada en el artículo 7.4.4. de CIRSOC 201. La densidad del hormigón fresco se determinará por lo menos dos veces por día de trabajo.

En caso de fabricación continua, este ensayo se realizará tan pronto como el hormigón abandone la hormigonera. En caso de interrupciones, el ensayo se realizará además cada vez que se reinicien las operaciones. Cuando al realizar este ensayo se comprueben variaciones mayores que las indicadas en el artículo 6.6.d) de este Reglamento, se procederá a verificar en forma inmediata las balanzas y pesadas de cada uno de los materiales que integran el pastón de hormigón, con el fin de proceder a restablecer las características del mismo, tal como se determinaron en la oportunidad de aprobación de la "fórmula de obra" (artículo 7.3.3.1.2. de CIRSOC 201).

- d) En épocas de tiempo caluroso (ver artículo 11.2. de CIRSOC 201), también se determinará el tiempo de fraguado inicial del hormigón fresco (IRAM 1662). Ver también artículo 10.2.2. de CIRSOC 201.

### 8.3.3. Ensayos mínimos de aceptación del hormigón endurecido

- a) Resistencia potencial de rotura a compresión del hormigón endurecido

Tiene validez lo establecido en el artículo 7.4.5. de CIRSOC 201.

- b) Densidad del hormigón endurecido secado al aire en las condiciones normalizadas establecidas en el artículo 6.2.2. de la norma IRAM 1567

Se considerará que se han cumplido las exigencias correspondientes a densidad si la densidad media determinada con por lo menos 3 probetas moldeadas simultáneamente, está dentro de los límites indicados en la Tabla 2 para cada clase de densidad, pudiendo en cada serie una de las probetas diferir en hasta  $50 \text{ kg/m}^3$  respecto de los límites de la clase correspondiente.

Se considerará como densidad del hormigón endurecido secado al aire al valor correlacionado con la densidad del hormigón fresco determinado durante la ejecución de la obra, teniendo en cuenta las correlaciones obtenidas en los ensayos previos realizados para determinar la composición del hormigón, y que se consignan en el Informe Técnico que debe entregar el Constructor, según lo establecido en los artículos 6.6.c) y 7.2. de este Reglamento.

(ver el anexo a este artículo)



## ANEXO AL CAPITULO 8.

### 8.2.

Cada ensayo para determinar la cantidad de agua absorbida por los agregados gruesos livianos en las pilas de acopio, hasta el momento de su medición, previo al ingreso a la hormigonera, se realizará sobre una porción de muestra de por lo menos  $3,0 \text{ dm}^3$  extraída de la pila de acopio en la condición de humedad en que se encuentra en el momento de la extracción.

La muestra se colocará sobre un paño absorbente y se la hará rodar rápidamente sobre él con el objeto de eliminar la humedad superficial de las partículas. Inmediatamente después se eliminará el material que pasa el tamiz IRAM 4,75 mm y se pesará la muestra al 0,5 g más próximo. Luego se secará en estufa a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta obtener peso constante. La cantidad de agua absorbida se expresará como porcentaje, en peso, de la muestra seca hasta peso constante.

Durante las operaciones de obra este ensayo se realizará por lo menos dos veces por día, debiendo controlarse la constancia de la cantidad de agua absorbida en cada ensayo.

### 8.3.3.b)

En los casos en que no se disponga de la mencionada correlación de valores, la densidad del hormigón endurecido secado al aire podrá estimarse mediante el método aproximado descrito en el artículo 5 de la norma ASTM - C - 567 - 77.



## CAPITULO 9. PRODUCCION Y TRANSPORTE DEL HORMIGON

(Ver el anexo a este capítulo)

### 9.1. MEDICION DE LOS MATERIALES Y MEZCLADO DEL HORMIGON

- a) Tiene validez lo que al respecto se establece en el Capítulo 9 de CIRSOC 201 en todo lo que no se oponga a las disposiciones particulares establecidas en el presente artículo 9.1.
- b) Todos los materiales sólidos se medirán en masa (kg).  
El agua podrá medirse en masa o en volumen.  
Los aditivos líquidos se medirán en volumen.
- c) Los agregados livianos también podrán medirse por volúmenes aparentes, siempre que el equipo de medición esté provisto de los medios necesarios para que el Director de Obra pueda controlar el peso de cada fracción de agregados contenidos en el pastón. Antes de emplear el equipo de medición volumétrica el Constructor deberá someterlo a consideración del Director de Obra para su aprobación.
- d) Salvo el caso en que el pre-humedecimiento de los agregados livianos no sea aconsejado por el fabricante de los mismos, o que el Director de Obra considere que dicha operación es impracticable en las condiciones de obra, si los mencionados materiales están secos, antes de proceder a su medición, se procederá al humedecimiento de las pilas de acopio, mediante riego con agua abundante. Dicha operación se realizará por lo menos con 24 horas, y preferentemente con 48 horas de anticipación respecto al momento de ingreso de los materiales a la hormigonera. Los agregados livianos que han sido pre-humedecidos, antes de su medición e ingreso a la hormigonera deberán dejarse escurrir en pila durante el tiempo necesario, a juicio del Director de Obra, para que el contenido de humedad superficial de los mismos sea suficientemente uniforme como para que el asentamiento del hormigón (IRAM 1536) de distintos pastones no sufra variaciones mayores de  $\pm 2,5$  cm.

El tiempo de escurrimiento será el necesario además para evitar un

secado excesivo del agregado, y las consiguientes variaciones de la capacidad de absorción de agua del mismo, debiendo asegurarse que durante el período de colocación y compactación del hormigón, éste no sufra reducciones significativas de asentamiento como consecuencia del hecho citado, que puedan traducirse en dificultades para la ejecución, en buenas condiciones, de las dos tareas mencionadas (ver el anexo a este Artículo).

- e) En caso de que el Constructor disponga de procedimientos distintos al descrito, e igualmente eficientes, para conocer y controlar el agua que absorben los agregados, podrá someterlos a consideración del Director de Obra para su aprobación previa. Dichos procedimientos sólo podrán incorporarse a las prácticas de obra si a juicio del Director de Obra los mismos permiten obtener hormigones de asentamiento y calidad uniformes.
- f) Si el agregado liviano, en un ensayo de absorción de agua realizado por inundación de una muestra extraída de las pilas de almacenamiento en las condiciones de obra, absorbe menos del 2,0% en peso durante la primera hora de inmersión, la medición de los agregados, la secuencia de ingresos de los materiales a la hormigonera y el mezclado del hormigón, se realizarán en las condiciones establecidas en los artículos 9.3.1.3. y 9.3.2. del Reglamento CIRSOC 201 para los agregados de densidad normal. Se entenderá por agregado en condiciones de obra al agregado con el mínimo contenido de agua que tiene probabilidad de absorber en una obra. Para alcanzar esta condición puede recurrirse al pre-humedecimiento.
- g) Si el agregado liviano no cumple la condición de absorción máxima indicada en el inciso anterior f) la medición de los agregados, la secuencia de ingreso de los materiales a la hormigonera y el mezclado del hormigón se realizarán en concordancia con lo dispuesto en los artículos 9.3.1.3. y 9.3.2. del Reglamento CIRSOC 201 con las siguientes modificaciones:

- 1) Primeramente ingresará aproximadamente el 80% del agua de mezclado, y a continuación el total de los agregados. Se mezclarán durante un tiempo mínimo de 90 segundos (15 revoluciones si se emplea un camión mezclador).
- 2) Después se hará ingresar el resto del agua de mezclado conteniendo los aditivos, y finalmente el total del cemento p $\text{ó}$ rtland, en el orden indicado. En el caso de las hormigoneras del tipo convencional de volumen  $\text{útil}$  de hasta  $1,0 \text{ m}^3$ , el mezclado se completará con no menos de 60 segundos adicionales de mezclado. Este tiempo se incrementará por lo menos en 15 segundos por cada  $750 \text{ dm}^3$  o fracción de aumento de la capacidad  $\text{útil}$  de la hormigonera, en exceso de  $1,0 \text{ m}^3$ .  
Cuando el mezclado se realice en camiones mezcladores, después del mezclado indicado en el inciso g) 1) se completará la operación cumpliendo íntegramente las condiciones de mezclado establecidas en la norma IRAM 1 666 (Hormigón elaborado). Si el camión ha llegado a obra con el tambor girando a velocidad de agitación, inmediatamente antes de la descarga se lo hará girar no menos de 25 vueltas con velocidad de mezclado.
- 3) Si los tiempos mínimos de mezclado especificados fuesen insuficientes para obtener un hormigón homogéneo, se los incrementará en lo necesario para obtener el grado de uniformidad deseado. (Ver el anexo a los incisos 9.1.f) y 9.1.g).

## 9.2. TRANSPORTE DEL HORMIGON LIVIANO A OBRA

- a) Se cumplirá lo dispuesto en el artículo 9.3.3. de CIRSOC 201.
- b) La operación se realizará con la mayor rapidez posible.
- c) Cuando se empleen camiones provistos de dispositivos de agitación, la operación no deberá prolongarse innecesariamente para evitar la fractura de las partículas livianas y su transformación en material pulverulento indeseable.

d) Cuando el hormigón liviano se transporta mediante bombas a pistón se asignará especial importancia al humedecimiento interno inicial o pre-saturación de los agregados livianos.

Antes de adoptar el bombeo como método de transporte para el hormigón liviano, el Constructor deberá realizar un estudio específico y la correspondiente demostración práctica con el equipo de bombeo disponible y con los materiales y el hormigón de obra. Los resultados del mencionado estudio serán presentados al Director de Obra, para su consideración y aprobación, previamente a la iniciación de las operaciones de bombeo.

(Ver el anexo a este artículo)

### 9.3. MANIPULEO Y COLOCACION

- a) Tienen validez las disposiciones contenidas en los artículos 10.1 a 10.2.3. inclusive de CIRSOC 201.
- b) Durante las etapas de manipuleo y colocación del hormigón, se evitará la segregación de la mezcla fresca y se extremarán las precauciones tendientes al cumplimiento de las condiciones establecidas en los artículos 10.1 a 10.2.3. inclusive citados en el inciso a).
- c) Las operaciones de colocación se realizarán con la mayor rapidez y tan pronto como sea posible después que el hormigón abandone la hormigonera. Si la demora entre el momento de elaboración del hormigón y el de su colocación en los encofrados es mayor de 60 minutos, el Constructor deberá realizar las experiencias necesarias para demostrar al Director de Obra que el hormigón conservará la trabajabilidad necesaria para su colocación en los encofrados sin dificultades.

(Ver el anexo a este Artículo)

### 9.4. COMPACTACION DEL HORMIGON LIVIANO

- a) Tienen validez las disposiciones generales contenidas en el artículo 10.2.4. de CIRSOC 201 y su correspondiente Anexo. Además, se cumplirán las disposiciones particulares que se incluyen en el presente artículo 9.5.

- b) La compactación del hormigón liviano se realizará preferentemente mediante vibración mecánica de alta frecuencia, aplicada durante el tiempo necesario y suficiente para que el material alcance compactidad y densidad máximas.
- c) El grado de compactación será uniforme, debiendo evitarse todo manipuleo innecesario y un vibrado excesivo. Se adoptarán todas las precauciones necesarias para evitar la segregación y flotación del agregado grueso hacia la superficie superior del elemento estructural, y las consiguientes dificultades en las operaciones de terminación. El asentamiento del hormigón estará comprendido preferentemente entre 7 y 10 cm.
- d) Se tendrá especialmente en cuenta que, cuando se emplean vibradores de inmersión, el radio del círculo de efectividad de vibración es en general menor que en el caso del hormigón de densidad normal. En consecuencia, los elementos vibrantes deberán insertarse a menores distancias entre puntos de inserción.

#### 9.5. PROTECCION Y CÚRADO

- a) Se cumplirán las condiciones establecidas en el artículo 10.4. de CIRSOC 201.
- b) Las operaciones de curado se iniciarán inmediatamente después que el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el método de curado adoptado.





## ANEXOS AL CAPITULO 9.

Durante la ejecución de los elementos estructurales de hormigón liviano se tendrá especialmente en cuenta que la supervisión de todas las operaciones que se realicen con este material, desde la medición de los materiales componentes hasta la terminación superficial de aquellos, exige mayores cuidados y precauciones que en el caso de empleo del hormigón de densidad normal.

Asimismo, debido a la mayor absorción de agua de los agregados livianos, será condición importante, desde el punto de vista de la uniformidad de consistencia y trabajabilidad de las mezclas, que se traducirá en menores dificultades de colocación que, después que el hormigón abandone la hormigonera, todas las operaciones se realicen con la mayor rapidez posible, especialmente cuando deba trabajarse en condiciones de temperaturas elevadas.

### 9.1.d)

Un mínimo práctico del agua que debe ser absorbida por el agregado liviano antes de su ingreso a la hormigonera, está dado por la mitad del agua absorbida en un ensayo de absorción (48 horas) realizado de acuerdo con el procedimiento establecido por la norma IRAM 1533 .

### 9.1.f) y 9.1.g)

Los tiempos de mezclado del hormigón liviano necesarios para obtener la homogeneidad de la mezcla son, en general, siempre mayores que en el caso del hormigón de densidad normal . Dichos tiempos en ningún caso serán menores que los mínimos especificados. Un mezclado prolongado puede producir, en algunos materiales, la fractura y desgaste de las partículas de los agregados livianos y su transformación en material pulverulento indeseable.

Se destaca la importancia del ingreso de los aditivos en la hormigonera con la última parte del agua de mezclado, después que los agregados han absorbido la mayor parte del agua de que son capaces, evitándose así que una porción relativamente importante de los aditivos sea eliminada y resulte por lo tanto inoperante al ser absorbida por las partículas de los agregados livianos.

### 9.2,d.

El hormigón liviano agrega problemas a los usuales en el bombeo de los hormigones de densidad normal. Por tal razón se tendrá especialmente en cuenta que, durante el período de transporte por la tubería, el agregado liviano que no está totalmente saturado, continuará absorbiendo agua del hormigón. Esta circunstancia se ve facilitada por la sobrepresión a que se encuentran sometidas las partículas del agregado. Lo que se ha expresado anteriormente produce una pérdida del asentamiento de la mezcla y también de su trabajabilidad. Ello, a su vez implica tanto problemas en las operaciones de bombeo como en las de colocación del hormigón.

La pre-saturación reduce la posibilidad de que el agregado liviano elimine del hormigón parte del agua de mezclado y con ello se produzca una pérdida de asentamiento del hormigón durante el bombeo.

Cuando como agregado fino del hormigón bombeado se emplee una arena natural de partículas redondeadas, el módulo de finura de ésta deberá estar preferentemente comprendido entre 2,20 y 2,70. El contenido unitario mínimo de cemento del hormigón liviano que se transporte por bombeo no será menor de  $330 \text{ kg/m}^3$  de hormigón.

### 9.3.

La precaución más importante a tener en cuenta durante el manipuleo y colocación del hormigón liviano es la de evitar que el agregado grueso liviano se separe del mortero, debido a la diferencia de densidades de los mismos, que se traduce en una tendencia del agregado grueso a "flotar" hacia la superficie superior de la estructura.

## CAPITULO 10. RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA DE ACERO

Para las estructuras de hormigón liviano, la Tabla 15 del CIRSOC 201 debe reemplazarse por la Tabla 5 que sigue.

Para elementos premoldeados de hormigón con hormigonado posterior in situ, rige el tercer párrafo del artículo 13.2.1. del CIRSOC 201.

(ver Anexo a este Capítulo)

Tabla 5. Recubrimiento mínimo de hormigón en mm referido a las condiciones ambientales (ver también CIRSOC 201, figura 1)

| 1   | 2   | 3  | 4   | 5              | 6                       | 7   |
|---|---|--|---|----------------|-------------------------|---|
| Condiciones ambientales según CIRSOC 201, tabla 15, renglones 1 a 4 | Tipo de estructura  | Diámetro de la barra $d_s$ ó $d_{sv}$ 2) | Tamaño máximo del grano del agregado liviano hasta 9,5 mm a 19 mm | 9,5 mm a 19 mm | mayor de 19 hasta 25 mm | Recubrimiento mínimo de hormigón para HL 13 y HL 17 |
| 1   | en general (incluso elementos fabricados industrialmente)                         | hasta 16                                 | 15 1)   | 20             | 25                      | 20  |
|   | Estructuras tipo losa   | hasta 12                                 | 15 1)   | 15 1)          |                         |   |
| 2   | en general  | hasta 20                                 | 20  | 20             | 25                      | 20  |
|   | Estructuras tipo losa, elementos premoldeados fabricados industrialmente de HL 30 | hasta 16                                 | 15 1)   | 20             |                         |   |
| 3 3)  | en general  | hasta 20                                 | 20  | 25             | 25                      | 30  |
|   | Estructuras tipo losa, elementos premoldeados fabricados industrialmente de HL 30 | hasta 20                                 | 15 1)   | 20             |                         |   |
| 4 3)  | en general  | hasta 20                                 | 20  | 35             | 25                      | 40  |
|   | Estructuras tipo losa, elementos premoldeados fabricados industrialmente de HL 30 | hasta 20                                 | 20  | 30             |                         |   |

1) En mallas soldadas de acero para hormigón de barras individuales  $d_s > 8,5$  mm o de barras dobles  $d_s > 6,5$  mm el recubrimiento de hormigón debe ser por lo menos 20 mm

2) Para barras gruesas de armadura el recubrimiento es por lo menos 35 mm para  $d_s = 25$  mm; 1,5  $d_{sv}$  para paquetes de barras con  $d_{sv} \geq 25$  mm.

3) Las estructuras de hormigón liviano expuestas a ambientes 3 y 4 según la Tabla 15 de CIRSOC 201 deben realizarse con hormigón impermeable. La máxima penetración de agua no debe superar 5 cm en el caso de ambiente 3 y no debe superar 3 cm en el caso de ambiente 4.

## ANEXO AL CAPITULO 10.

Para iguales espesores de recubrimiento de las armaduras, el hormigón liviano, en general, ofrece mayor resistencia a la acción del fuego que el hormigón de densidad normal.



## CAPITULO 11. BASES PARA EL CALCULO DE LAS DEFORMACIONES

### 11.1. DEFORMACIONES BAJO CARGAS DE SERVICIO

#### 11.1.1. Hormigón (módulo de elasticidad)

Para el cálculo de las deformaciones del hormigón bajo cargas de servicio se recomienda determinar el módulo de elasticidad en forma experimental.

(Ver el anexo a este artículo)

### 11.2. DEFORMACIONES BAJO CARGAS SUPERIORES A LAS DE SERVICIO

Para el cálculo de las deformaciones del hormigón bajo cargas de corta duración pero superiores a las cargas de servicio, (por ejemplo, para la verificación de la seguridad a pandeo) se podrá usar el diagrama simplificado  $\sigma - \epsilon$  de la figura 1.

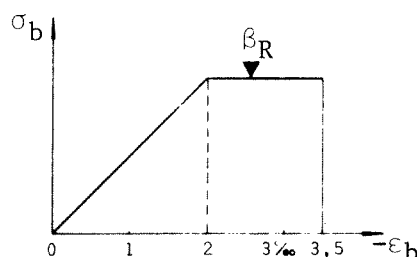


Figura 1. Diagrama tensión deformación simplificado del hormigón liviano

### 11.3. FLUENCIA LENTA Y RETRACCION DEL HORMIGON

#### 11.3.1. Generalidades

Si se requiere, de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 201, artículo 16.4., una verificación en cuanto a fluencia lenta (creep) y a retracción (contracción por secado) del hormigón, se usarán las indicaciones de los artículos 11.3.2. y 11.3.3. de este Reglamento, salvo que se disponga de resultados de ensayos debidamente justificados.

### 11.3.2. Fluencia lenta

- a) Se podrá usar como base para el cálculo de las deformaciones por fluencia lenta los principios indicados en el Reglamento CIRSOC 201, en la tabla 45 y la ecuación (59).
- b) El valor final de fluencia lenta  $\varphi_{\infty}$ , de la tabla 45, y el valor básico  $\varphi_{f_0}$  de la Tabla 46, del Reglamento CIRSOC 201 deberán reducirse para hormigón liviano con los siguientes factores de minoración:

| Clase de resistencia | Coefficiente de reducción     |
|----------------------|-------------------------------|
| HL - 13              | $1,3 E_{\ell b}/E_b$          |
| HL - 17              | de $1,3$ a $1 E_{\ell b}/E_b$ |
| HL - 17 a HL - 30    | $1,0 E_{\ell b}/E_b$          |

Siendo:

$E_{\ell b}$  el valor de cálculo del módulo de elasticidad del hormigón liviano (ver el artículo 11.1.1.)

$E_b$  el módulo de elasticidad del hormigón de densidad normal de la misma resistencia (ver la Tabla 16 del Reglamento CIRSOC 201).

En la ecuación (58) del Reglamento CIRSOC 201 se reemplazará  $E_b$  por  $E_{\ell b}$ .

### 11.3.3. Retracción

Para la determinación de la retracción final  $\epsilon_{s,\infty}$  y del coeficiente de retracción  $\epsilon_{s,t}$ , según la tabla 45 y la ecuación (60) del Reglamento CIRSOC 201, se podrán usar los mismos valores allí indicados incrementados con el siguiente porcentaje de aumento:

| Clase de resistencia | Porcentaje de aumento |
|----------------------|-----------------------|
| HL - 13              | 50%                   |
| HL - 17              | de 50 a 20%           |
| HL - 17 a HL - 30    | 20%                   |

### 11.4. COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA

El coeficiente de dilatación térmica se tomará para el hormigón liviano

$$\alpha_T = 0,8 \cdot 10^{-5} \cdot K^{-1}$$

No se requiere considerar en los cálculos la diferencia entre los coeficientes de dilatación del hormigón liviano y del acero.



## ANEXOS AL CAPITULO 11

## 11.1.1. MODULO DE DEFORMACION LONGITUDINAL

A falta de datos más precisos y de resultados de ensayos, se podrá estimar para los cálculos el módulo de elasticidad longitudinal (módulo secante)  $E_{\ell b}$ , mediante la expresión siguiente tomada del A.C.I.

$$E_{\ell b} = 0,043 \sqrt{\rho^3 \cdot \sigma'_{bk}}$$

$$E_{\ell b} \text{ en MN/m}^2$$

$$\sigma'_{bk} \text{ en MN/m}^2$$

$$\rho \text{ en kg/m}^3$$

Esto conduce a los siguientes valores

| $\sigma'_{bk} \backslash \rho$ | 1400  | 1600  | 1800  | 2000  |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 13                             | 8100  | 9900  | 11800 | 13900 |
| 17                             | 9300  | 11300 | 13500 | 15900 |
| 21                             | 10300 | 12600 | 15000 | 17600 |
| 30                             | 12300 | 15100 | 18000 | 21100 |

En DIN 4 219 se propone una aproximación más grosera, independiente de la resistencia, y que DIN 4 219 utiliza como base para el cálculo de deformación.

| Clase de densidad                 | 1,0   | 1,2   | 1,4    | 1,6    | 1,8    | 2,0    |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| $E_{\ell b}$ en MN/m <sup>2</sup> | 5 000 | 8 000 | 11 000 | 15 000 | 19 000 | 23 000 |



## CAPITULO 12. DIMENSIONAMIENTO PARA FLEXION SIMPLE Y COMPUESTA Y PARA SOLICITACION AXIL

### 12.1. GENERALIDADES

Rige el Reglamento CIRSOC 201, artículos 17.1. a 17.4., 17.9.y 25.5.con las modificaciones que se indican en los artículos siguientes de este Reglamento.

### 12.2. COMPORTAMIENTO BAJO CARGAS DE SERVICIO

La relación entre los módulos de elasticidad del acero y del hormigón liviano puede admitirse que es  $n = 15$ .

### 12.3. PRINCIPIOS BASICOS PARA LA DETERMINACION DE LAS SOLICITACIONES DE ROTURA

- a) Para el dimensionamiento de las estructuras de hormigón liviano se utilizará el diagrama tensión - deformación de la figura 1.  
El diagrama de deformación de la figura 9 del Reglamento CIRSOC 201 indica para las distintas solicitaciones el estado límite o de agotamiento correspondiente.
- b) Los valores de cálculo  $\beta_R$  de la resistencia del hormigón liviano para las clases HL - 13 a HL - 30 se tomarán de la Tabla 17 del Reglamento CIRSOC 201, en función de la resistencia característica.
- c) Se podrá usar también una distribución de tensiones según el diagrama rectangular parabólico de la figura 7 del Reglamento CIRSOC 201.  
En este caso deberá reducirse:
  - el valor  $\beta_R$  en un 5%
  - o en el caso de una zona de compresión de sección rectangular, el ancho de la sección se deberá reducir en un 5%.

### 12.4. ELEMENTOS COMPRIMIDOS ZUNCHADOS

En los elementos comprimidos zunchados no puede considerarse un incremento de la capacidad portante por el efecto de zunchado.

### 12.5. TENSIONES ADMISIBLES DE COMPRESION BAJO CARGAS LOCALIZADAS

- a) La sección parcial  $A_1$  (superficie de contacto) debe tener en ambas direcciones por lo menos 5 cm.

b) La tensión máxima admisible  $\sigma_1$  es:

$$\sigma_1 = \frac{\beta_R}{2,1} \sqrt[3]{\frac{A}{A_1}} \leq 1,0 \beta_R \quad (1)$$

## 12.6. VERIFICACION DE LA SEGURIDAD A PANDEO

- a) Para la verificación de la seguridad a pandeo de los elementos comprimidos de mediana esbeltez, de acuerdo al artículo 17.4.3., del Reglamento CIRSOC 201, se deben tener presente los principios básicos dados en el artículo 12.3. de este Reglamento.
- b) No se recomienda utilizar piezas con esbelteces mayores que  $\lambda = 70$ . Si excepcionalmente se deberá llegar a esbelteces mayores que 70 pero menores que 100, su verificación deberá realizarse de acuerdo con los principios generales enunciados en el Reglamento CIRSOC 201, artículo 17.4.4. pero deberá utilizarse obligatoriamente el diagrama tensión - deformación correspondiente al hormigón liviano, según la figura 1. (Ver el anexo a este artículo)

No se permiten piezas con esbelteces mayores que  $\lambda = 100$

## 12.7. DIMENSIONAMIENTO PARA ESFUERZOS DE CORTE Y TORSION

### 12.7.1. Principio general

Vale el artículo 17.5. del Reglamento CIRSOC 201, con las modificaciones indicadas en los artículos 12.7.2. a 12.7.4. de este Reglamento.

### 12.7.2. Valores básicos de la tensión de corte

Los valores límites  $\tau_{011}$ , para la tensión de corte básica  $\tau_0$  de la tabla 18 renglón 1a y 1b del CIRSOC 201 se deben reducir con el factor 0,6. Esta reducción rige también para los casos mencionados en el último párrafo del artículo 17.5.4. del CIRSOC 201.

### 12.7.3. Criterio para el dimensionamiento de la armadura de corte

Los estribos y suplementos de corte formados por mallas soldadas de acero AM 500 C sólo pueden utilizarse con una tensión admisible menor o igual a  $240 \text{ MN/m}^2$ .

### 12.7.4. Reglas para el dimensionamiento de la armadura de corte

Zona 1:

Se determinará la armadura de corte con el valor de dimensionamiento  $\tau$ , según

la ecuación (2)

$$\tau = 0,5 \tau_0 \quad (2)$$

Zona 2:

Para la reducción del valor básico  $\tau_0$  al valor de dimensionamiento  $\tau$  rige la ecuación (3)

$$\tau = 1,15 \frac{\tau_0^2 \text{ exist}}{\tau_{02}} \begin{matrix} \geq 0,5 \tau_0 \\ \leq \tau_0 \end{matrix} \quad (3)$$

#### 12.8. REDUCCION DE LA FISURACION

La tensión de comparación  $\sigma_v$  obtenida según CIRSOC 201, ecuación (27), no debe ser para el hormigón liviano mayor que el 80% del valor límite dado en el CIRSOC 201, artículo 17.6.3.

#### 12.9 LIMITACION DE LA DEFORMACION BAJO CARGAS DE SERVICIO

Para la verificación simplificada de la limitación de la esbeltez a flexión según CIRSOC 201, artículo 17.7.2., las esbelteces admisibles  $\ell_i/h$  deben reducirse en un 10%.



## ANEXO AL CAPITULO 12

## 12.6.

Para la verificación a pandeo no se podrán utilizar los elementos auxiliares de cálculo basado en los diagramas tensión-deformación indicados en la fig. 6 y 7 del Reglamento CIRSOC 201.

En el caso de grandes esbelteces (mayores que 70) se deberá cuidar que bajo cargas de servicio no se llegue a deformaciones inadmisibles para el funcionamiento de la estructura, debido a la sensiblemente mayor deformabilidad del hormigón.

En el caso de esbelteces medianas ( $\lambda \leq 70$ ) se podrá usar el procedimiento simplificado indicado en CIRSOC 201, artículo 17.4.3., es decir, teniendo en cuenta la excentricidad adicional  $f$  dada por las fórmulas (18) y (19) y (20) de dicho artículo, y respetando las indicaciones dadas en el artículo 12.3. de este Reglamento.





## CAPITULO 13. REGLAS PARA EL ARMADO

### 13.1. GENERALIDADES

Para la disposición de la armadura (separación entre barras, curvaturas, anclajes, empalmes, etc.) rige el Reglamento CIRSOC 201, Capítulo 18 conjuntamente con lo establecido en los siguientes artículos de este capítulo.

### 13.2. CARACTERISTICAS DE LAS ARMADURAS Y MANDRILES DE DOBLADO

El diámetro de las barras empleadas en las construcciones de hormigón liviano no debe exceder en general los 25 mm.

Si excepcionalmente se utilizan barras de gran diámetro o paquetes de barras se llama la atención sobre el mayor peligro por tensiones de hendimiento en la proximidad de los anclajes y sobre la necesidad de asegurar la adherencia y los anclajes de las barras, aumentando la armadura transversal para la absorción de las tensiones de hendimiento.

Los diámetros mínimos de los mandriles de doblado, para ganchos, curvaturas y bucles debe incrementarse en un 30% sobre los indicados para el hormigón normal (ver la tabla 23 de CIRSOC 201).

### 13.3. ADHERENCIA

Son aplicables las indicaciones del CIRSOC 201, artículo 18.4., con las siguientes salvedades:

La zona I, buena adherencia, rige para:

- a) todas las barras que durante el hormigonado tengan una inclinación entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto a la horizontal.
- b) barras de alta adherencia, con una inclinación menor que  $45^\circ$ , ubicadas durante el hormigonado a 25 cm como máximo respecto al borde inferior del hormigón fresco, o como mínimo a 45 cm debajo del borde superior del elemento constructivo o de una junta de hormigonado.

La zona II, adherencia deficiente, rige para:

- a) todas las barras no comprendidas en la zona I.
- b) todas las barras horizontales de los elementos constructivos que se ejecutan por el sistema de encofrado deslizable.

#### 13.4. ARMADURA DE CORTE

El valor de cálculo  $\tau_{est}$  para el dimensionamiento de la sección mínima de estribos es

$$\tau_{est} = 0,3 \tau_0 \quad (4)$$

#### 13.5. ESPECIFICACIONES ESPECIALES PARA BARRAS DE ACERO CON $d_s \geq 25$ mm

##### 13.5.1. Verificación de las tensiones de adherencia

Las tensiones de adherencia se deben verificar siempre según la ecuación (5)

$$\tau_1 = \frac{\Delta Z}{u \cdot \Delta x} \leq \tau_{1adm} \quad (5)$$

siendo:

$\Delta Z$  la diferencia del esfuerzo de tracción en la longitud  $\Delta x$ ;

$\Delta x$  la longitud parcial en la dirección de la armadura de flexo-tracción;

$u$  el perímetro de la armadura de flexo-tracción existente en la sección considerada;

$\tau_{1adm}$  el valor básico admisible de la tensión de adherencia según CIRSOC 201, tabla 24.

##### 13.5.2. Empalmes traccionados

- a) Todo empalme por yuxtaposición debe estar en una zona cubierta por estribos. Esto rige también para losas.
- b) Para el área de la sección transversal de la armadura requerida en la zona de empalme y para su distribución, rige el artículo 18.6.3.4. del CIRSOC 201.

##### 13.5.3. Recubrimiento de hormigón

Los recubrimientos mínimos se dan en la Tabla 5 (ver la nota 2 de esta tabla).

Para barras  $d_s = 25$  mm el recubrimiento mínimo es de 3,5 cm

#### 13.6. ESPECIFICACIONES ESPECIALES PARA MALLAS DE ACERO PARA HORMIGON

Para el empalme en dos planos de la armadura portante, sin estribos envolventes deben tenerse en cuenta las siguientes limitaciones:

Los empalmes se permiten sólo para cargas predominantemente estáticas. Las mallas con una sección de armadura  $8,0 \text{ cm}^2/\text{m} \leq a_s \leq 12 \text{ cm}^2/\text{m}$  sólo pueden empalmarse en la parte interior, y en el caso de varias capas de armadura. En mallas de acero para hormigón con una sección de armadura  $a_s > 12 \text{ cm}^2/\text{m}$  se requiere, en el caso de empalmes en dos planos, disponer estribos envolventes de las barras portantes. El coeficiente  $\alpha_{emI}$  (ver CIRSOC 201, artículo 18.6.4.3.) se determina según la ecuación (6):

$$\alpha_{emI} = 0,2 + \frac{a_s}{4} \quad \begin{array}{l} \geq 1,1 \\ \leq 2,2 \end{array} \quad (6)$$

siendo:

$a_s$  la sección de armadura de las mallas a empalmar en  $\text{cm}^2/\text{m}$ .

### 13.7. PAQUETES DE BARRAS

En general no se permite la utilización de paquetes de armadura.

Si excepcionalmente se requiere el uso de los mismos debe observarse lo indicado en el anexo a este artículo.



## ANEXO AL CAPITULO 13

## 13.7. PAQUETES DE BARRAS

Si excepcionalmente se utilizan paquetes de barras en estructuras de hormi-  
gón liviano deberá cumplirse lo siguiente:

- a) el diámetro  $d_s$  de las barras aisladas no debe ser mayor que 20 mm.
- b) para el recubrimiento de las barras rigen las disposiciones gene-  
rales (Tabla 5), debiendo ponerse en vez del diámetro  $d_s$ , el diáme-  
tro equivalente  $d_{sv} = d_s \sqrt{n}$ ,  
Siendo  $n$  el número de las barras componentes de diámetro  $d_s$ .  
Para paquetes con  $d_{sv} \geq 25$  mm el recubrimiento mínimo será  $1,5 d_{sv}$ .
- c) Para paquetes con diámetro  $d_{sv} \geq 25$  mm rigen las disposiciones del  
artículo 13.5.



## CAPITULO 14. DIRECTIVAS ESPECIALES PARA ELEMENTOS DE HORMIGON LIVIANO CLASE HL 8

14.1. El hormigón liviano de clase HL 8 se podrá usar para tabiques de hormigón simple y también para tabiques de hormigón liviano armado según CIRSOC 201, artículo 25.5.1., teniendo en cuenta las indicaciones de los artículos que siguen.

Se podrá usar también para elementos de fachada (paneles), que solamente deben resistir su peso propio y la acción del viento.

En todos los casos, las cargas deben ser predominantemente estáticas.

14.2. En el caso de elementos armados, el diámetro máximo de la barra será  $d_s = 16$  mm.

14.3. Como valor básico de la tensión de adherencia se usará:

| Zona | Conformación de las barras                    | $\tau_1$ MN/m <sup>2</sup> |
|------|---|----------------------------|
| I    | Perfilado para mallas AM 500 P                | 0,6                        |
|      | Nervurado ADN 420, ADM 420, AM 500N, ATR 500N | 1,0                        |
| II   | 50% de los valores correspondientes a Zona I  |                            |

14.4. Valores básicos de la tensión de corte bajo cargas de servicio

| Elemento estructural            | Solicitud                | Zona de corte (CIRSOC 201, Tabla 18) | Valores Básicos de $\tau_0$ para HL 8<br>MN/m <sup>2</sup> | Verificación de armadura de corte | Armadura de corte |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------|
| Tabiques y elementos de fachada | como losa                | 1 1)                                 | $\tau_{011} = 0,15$  | no necesario                      | no                |
|                                 | en el plano del elemento | 1                                    | $\tau_{012} = 0,35$  | no necesario                      | mínima 2)         |
|                                 |                          | 2                                    | $\tau_{02} = 0,90$   | necesario                         | minorada 3)       |

1) Para HL 8 no se permite armadura escalonada

2) Ver CIRSOC 201, artículo 18.8.2. La sección mínima de estribos se calculará de acuerdo con el artículo 13.4.

$$3) \tau = 1,15 \frac{\tau_{02}^2 \text{ exist}}{\tau_{02}} \begin{matrix} \geq 0,5 \tau_0 \\ \leq \tau_0 \end{matrix}$$

14.5. No se permiten suplementos de corte. Los estribos deben abrazar la armadura traccionada y deben estar anclados en la zona comprimida.

14.6. Para hormigón liviano clase HL 8 no se permiten los empalmes por yux taposición de barras de armadura, ni de mallas.

14.7. Espesores mínimos para tabiques portantes de HL 8.

Complementando la tabla 38 de CIRSOC 201, se indican los espesores mínimos de tabiques portantes de HL 8.

| Ejecución   | Espesor mínimo del tabique |          |                         |          |
|-------------|----------------------------|----------|-------------------------|----------|
|             | Hormigón liviano simple    |          | Hormigón liviano armado |          |
|             | Losas sobre tabiques       |          | Losas sobre tabique     |          |
|             | no continua                | continua | no continua             | continua |
| in situ     | 20 cm                      | 14 cm    | 14 cm                   | 12 cm    |
| premoldeado | 18 cm                      | 12 cm    | 12 cm                   | 10 cm    |



Impreso en Diciembre de 1997  
en REPROGRAFIAS JMA S.A., San José 1573 / 5  
(1136) Capital Federal - Tel.: 304-0267 - 306-5566 - Fax: 304-9608

Edición de 1.000 ejemplares