

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	● Propiedades generales en estado fresco
	● Propiedades del hormigón endurecido
	● Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	● Ensayos de hormigón fresco
	● Ensayos de hormigón endurecido
	● Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	● Criterios de aceptación y rechazo en obra
	● Hormigón fresco y hormigón endurecido
	● Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
	● Criterios estadísticos de control
DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES	

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	
Contenido	
	● Introducción y preguntas frecuentes
	● Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
	● Método iterativo de dosificación de hormigones
	● Ejemplos de elección de consistencia y TMN
	● Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
	● Pasos del método de dosificación racional
	● Correcciones y ajustes en pastones
	● Correcciones y Ajustes en obra

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



¿Cuál es la definición más aceptada de hormigón?

¿Cuál es el rol que cumplen los diferentes materiales constituyentes?

La dosificación de hormigones ...
¿Es sólo una labor de oficina o gabinete?

¿Qué propiedades buscamos al dosificar hormigones?

¿Qué importancia le brinda nuestro Reglamento respecto a la dosificación?

¿De qué maneras puede dosificarse un hormigón?

¿Qué entendemos por dosificar hormigones?

¿Cómo incide en los costos de producción?

¿En realidad son tan malos los resultados de hormigones dosificados empíricamente?

¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?

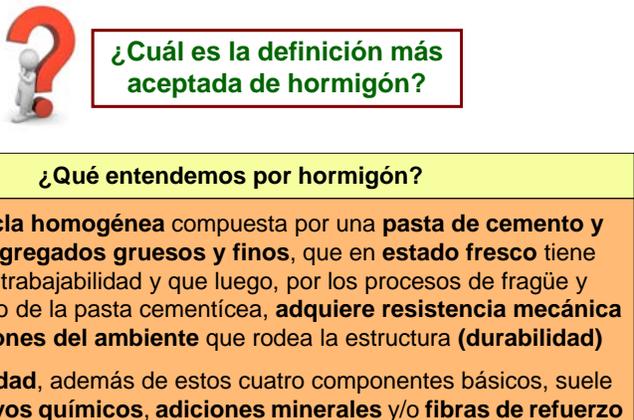
Agregando cemento... ¿solucionamos todo?
Mientras más cemento ... ¿mejor?

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

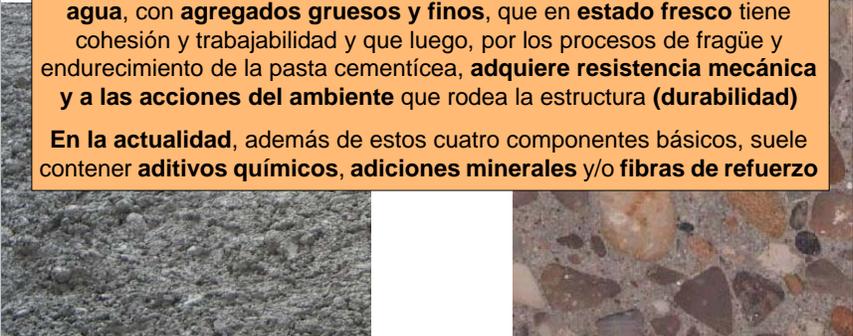


¿Cuál es la definición más aceptada de hormigón?

¿Qué entendemos por hormigón?

Es una **mezcla homogénea** compuesta por una **pasta de cemento y agua**, con **agregados gruesos y finos**, que en **estado fresco** tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por los procesos de fragüe y endurecimiento de la pasta cementícea, **adquiere resistencia mecánica y a las acciones del ambiente** que rodea la estructura (**durabilidad**)

En la **actualidad**, además de estos cuatro componentes básicos, suele contener **aditivos químicos, adiciones minerales y/o fibras de refuerzo**



TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes



¿Cuál es el rol que cumplen los diferentes materiales constituyentes?

Cemento	Aglomerar el esqueleto granular del hormigón
Entre 250 y 500 kg/m ³	Permitir en las primeras horas un material trabajable y moldeable Con el paso del tiempo, adquirir compacidad y resistencia
Agua	Permitir las reacciones químicas de fragüe y endurecimiento
120-200 l/m ³	Lubricar la mezcla fresca para facilitar su colocación
Agregados	Suministrar un material económico de relleno
Entre 1600 y 1900 kg/m ³	Reducir y localizar los fenómenos de contracción o retracción Mejorar la resistencia superficial al desgaste e intemperismo
Aditivos	Modificar una cualidad del hormigón en sentido positivo
Dosis bajas y variables	Solucionar o atenuar alguna debilidad del H° de buena calidad Disminuir el costo unitario de un determinado tipo de hormigón Innovar, superar imprevistos y customizar hormigones a medida

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes



¿Qué entendemos por dosificar hormigones?



El proyecto o dosificación de un hormigón consiste en **determinar las cantidades** en que deben mezclarse los **materiales que lo componen**, de manera que reúna las **condiciones necesarias para comportarse satisfactoriamente** en las estructuras a las cuales está destinado **durante toda su vida útil**



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

¿Qué propiedades buscamos al dosificar hormigones?

Sólo considerando estas cinco propiedades simultáneamente se podrá tener un hormigón de buena calidad

Cumplir técnica y económicamente con los requisitos impuestos por la estructura durante su vida útil

El diagrama muestra un círculo central amarillo con el texto "OBRA DE HORMIGÓN DE CALIDAD". Alrededor de este círculo se encuentran siete rectángulos de colores que representan propiedades: DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL (azul), ESTABILIDAD DIMENSIONAL (naranja), TRABAJABILIDAD (púrpura), RESISTENCIA MECÁNICA (rojo), UNIFORMIDAD (píndora), SUSTENTABILIDAD Y AMBIENTE (verde) y ECONOMÍA (naranja). Una flecha apunta desde el texto superior hacia el diagrama.

OBRA DE HORMIGÓN DE CALIDAD

DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

TRABAJABILIDAD

RESISTENCIA MECÁNICA

UNIFORMIDAD

SUSTENTABILIDAD Y AMBIENTE

ECONOMÍA

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

¿Qué importancia le brinda nuestro Reglamento respecto a la dosificación?

Requisitos de Ejecución - CIRSOC 201-05 Artículo 2.2.3

- 1) Seleccionar los materiales según lo establecido en el Reglamento
- 2) Determinar las proporciones de las mezclas
- 3) Producir y colocar el hormigón en forma adecuada
- 4) Proteger y curar el hormigón en forma adecuada

Además dedica un artículo muy extenso
5.2. Dosificación del Hormigón

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes



¿De qué maneras puede dosificarse un hormigón?

1) Empíricamente, en forma arbitraria, lo cual no es recomendable ni aceptable actualmente, registrando resultados aleatorios y **sin confiabilidad**

2) Racionalmente, en base a **principios técnicos fundados** en el razonamiento, experiencias, reglamentos vigentes y leyes experimentales, complementando cálculos, observaciones y ensayos con materiales locales

- Las **características de los materiales disponibles** y sus **costos**
- Las condiciones de mezclado, transporte, colocación y terminación del **hormigón en obra**
- Las **propiedades deseables en el hormigón endurecido**, entre las que cabe mencionar especialmente a la resistencia, durabilidad y cambios volumétricos propios del hormigón

2.1) Basado en experiencias previas y resultados de autocontrol

2.2) Pastones de prueba a escala de laboratorio

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes



¿En realidad son tan malos los resultados de hormigones dosificados empíricamente?

Experiencias locales en Mendoza, muestran los resultados de las recetas ampliamente “aceptadas” y usadas en la práctica, como mezclas 1:2:3...
(cemento : arena : ripio)

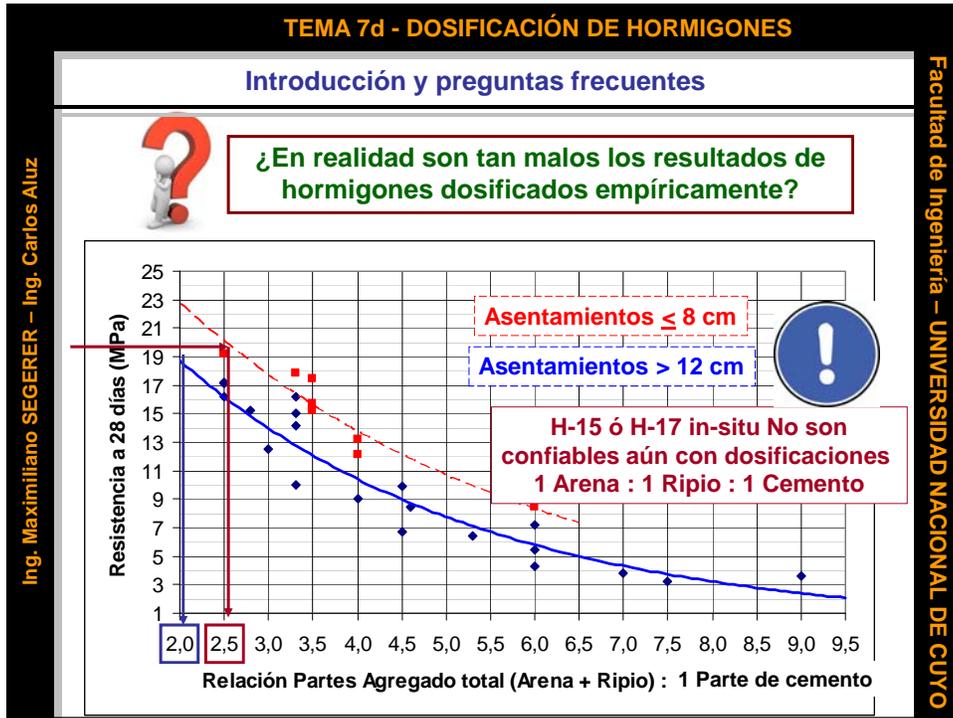
¿Qué piensan? ¿Qué resultados brinda un hormigón 1:2:3 en obra?

¿Y una mezcla “muy rica en cemento” con dosificación 1: 1½ : 1½?



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

La dosificación de hormigones ...
 ¿Es sólo una labor de oficina o gabinete?

A pesar de los grandes avances en el campo de la tecnología del hormigón, **no debe pensarse que es posible proyectar una mezcla con sólo realizar unos pocos cálculos de gabinete y llegar así a las proporciones definitivas** que permitirán obtener el hormigón que reúna en un todo las condiciones exigidas por la estructura. Simplemente, **esto es imposible** tratándose, como se trata, de una **ciencia eminentemente experimental**.

Los distintos **métodos o procedimientos de dosificación de hormigones**, sólo permiten una **aproximación**, más o menos rápida, a la solución deseada; cualquiera sea el método adoptado, sólo permitirá obtener una mezcla inicial, son **procesos iterativos**. Después de este primer paso, **será necesario preparar la mezcla proyectada, observar y medir sus características, y ajustarla** para llegar así a través de estas etapas, a la mezcla final que debe ser colocada en obra, bajo las condiciones reales.

Es importante llegar al convencimiento de que, **sin labor experimental, sólo por casualidad** podrá llegarse, de **primera intención**, a proyectar la mezcla que reúna las condiciones necesarias.

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

 **¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?**

1- Materiales locales y sus propiedades

No pueden extrapolarse dosificaciones. Son definidas por los materiales


Cemento Portland
Puzolánico
CPP40

≠


CEMENTO FILLERIZADO
CPF 40



≠



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

 **¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?**

2- Ambiente de exposición del elemento estructural

Pueden ser necesarios ensayos con muestras de suelos o líquidos en contacto con la estructura


Zona de congelación y deshielo


Ambiente marino


Bodega (ataque ácido)


Fundaciones suelos agresivos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

 **¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?**

3- Condiciones de colocación del hormigón y accesibilidad
Además de las condiciones y técnicas de elaboración, transporte, vibrado y terminación de superficies



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

 **¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?**

4- Condiciones del elemento estructural y sus armaduras
Como dimensiones, separación de armaduras, recubrimientos u otros requisitos especiales



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

 **¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?**

5- Requisitos especiales de la estructura

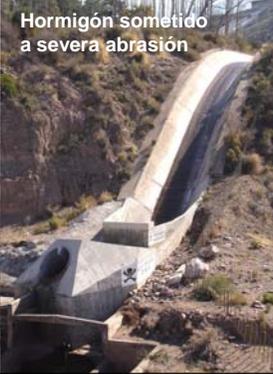
Hormigón masivo, hormigonado bajo agua, hormigones de elevada resistencia al desgaste, hormigones de elevada impermeabilidad



Hormigón bajo agua



Hormigón masivo



Hormigón sometido a severa abrasión

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

 **¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?**

6- Resistencia mínima de diseño por cálculo estructural

Será definida por el ingeniero, arquitecto o cliente

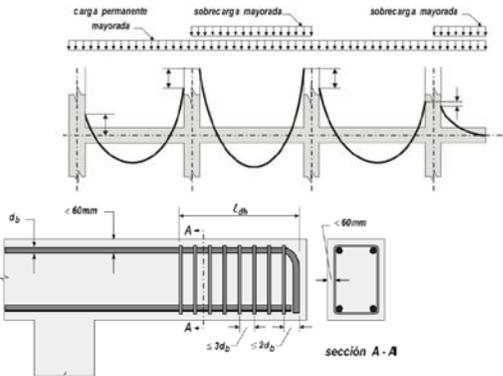


Diagram illustrating structural design considerations for concrete, including load distribution (carga permanente, sobrecarga mayorada) and reinforcement details (sección A-A, d_b , $\leq 60\text{mm}$, $\leq 3d_b$, $\leq 2d_b$, L_{db}).

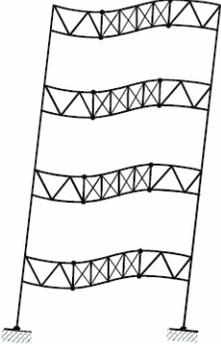


Diagram illustrating a structural frame or column design.

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

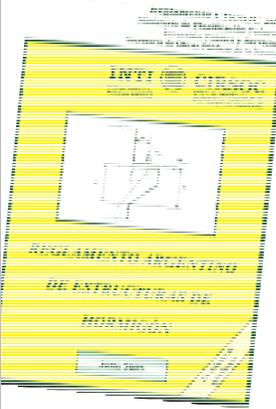
TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes



¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?

7- Normas, reglamentos y pliegos aplicables – Certificación Planta



Planta en Modo 1

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD
ISO
9001:2000
CERTIFICADO

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes



¿En qué debemos pensar antes de comenzar el trabajo de dosificación de hormigones?

8- Experiencias locales con buenos resultados

Experiencias locales con buenos resultados y con la medición continua de sus propiedades, tienen un valor aún superior a los pastones de prueba de laboratorio

Las experiencias previas sin resultados de ensayo no sirven

Siempre deben averiguarse antecedentes locales, antes de comenzar el proceso de dosificación de hormigones



Ensayos

Obra

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

**¿Agregando cemento... ¿solucionamos todo?
 Mientras más cemento ... ¿mejor?**

Mayor riesgo de fisuración y patologías



Reducción de durabilidad de estructuras

Mayor contaminación ambiental



Producción cemento 7% contaminación mundial

Mayores costos de producción



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Introducción y preguntas frecuentes

¿Cómo incide en los costos de producción una buena dosificación?

Costo financiero (30 días); 1,2%

Carga impositiva; 8,2%

Estructura y ventas; 7,3%

Costos de distribución variables; 14,1%

Costos de distribución fijos; 3,9%

Producción y Mantenimiento fijo; 6,9%

Ganancia (Utilidad); 10,8%

Cemento; 37,4%

Otras materias primas; 10,2%

Entre el 40% y el 50% del precio de venta del hormigón está determinado por los materiales

Un buen estudio brindará beneficios económicos más relevantes que cualquier otra área

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	
Contenido	
	● Introducción y preguntas frecuentes
	● Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
	● Método iterativo de dosificación de hormigones
	● Ejemplos de elección de consistencia y TMN
	● Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
	● Pasos del método de dosificación racional
	● Correcciones y ajustes en pastones
● Correcciones y Ajustes en obra	

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	
2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia	
Requisitos generales según CIRSOC 201:05	
- Es de aplicación para hormigones cuya masa por unidad de volumen se encuentre entre 2.000 y 2.800 kg/m³	Artículo 2.1.1
- Los hormigones a utilizar en los proyectos deben cumplir con:	
1) Requisitos de Durabilidad	Artículo 2.1.2
2) Requisitos de Resistencia	
3) Requisitos Especiales	Artículo 2.2.1
- Contiene exigencias para lograr una vida útil en servicio de 50 años sin gastos de mantenimiento significativos	
- Cuando se proyecte una estructura para una vida útil en servicio mayor de 50 años, en los Documentos del Proyecto se especificarán las exigencias adicionales necesarias para lograrla	
No aplicables a hormigones livianos y pesados Se requieren técnicas de dosificación especiales	

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

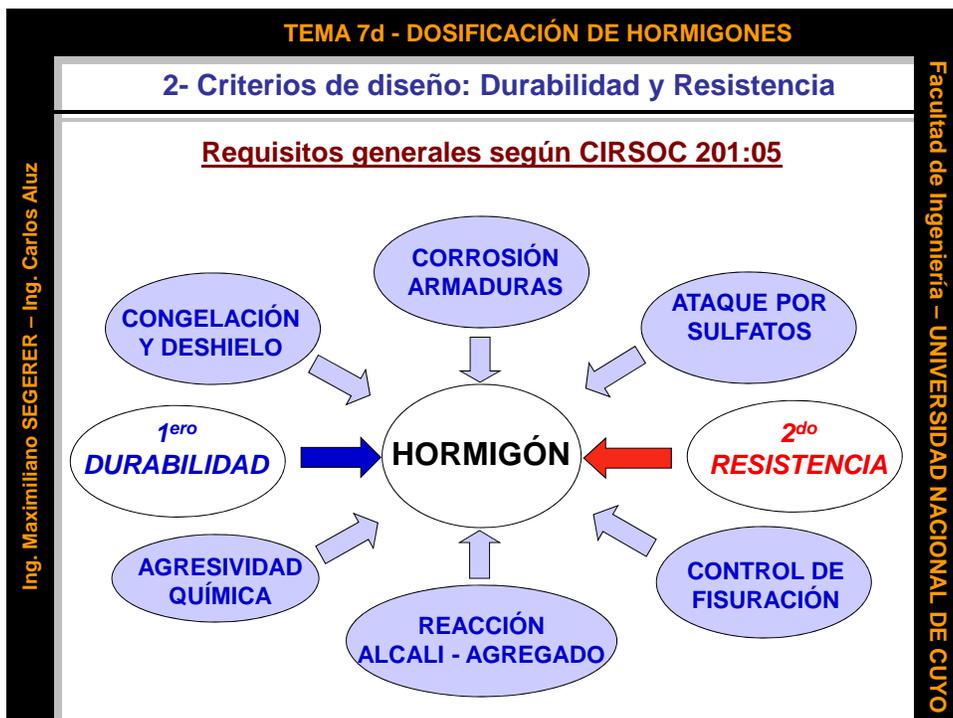
2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

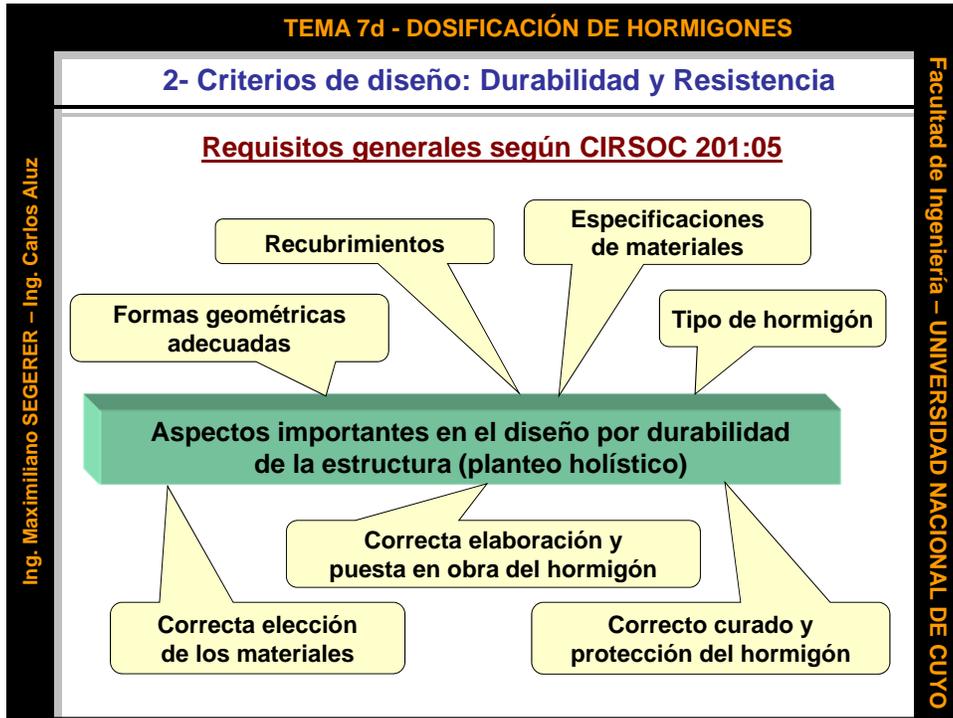
Requisitos generales según CIRSOC 201:05

El CIRSOC 201:05 establece, en **orden de prioridad**:

- 1) **Diseño por durabilidad**
- 2) **Diseño por resistencia**
- 3) **Requisitos especiales** (bajo agua, elevada impermeabilidad, abrasión)
 - 1) En primer lugar, antes del diseño estructural, debe identificarse **el ambiente en contacto** con los diferentes conjuntos de **elementos estructurales**
 Así se determinarán para los diferentes elementos, entre otros parámetros:

a) Resistencias a compresión mínimas	Ambos determinantes en el diseño y cálculo
b) Recubrimientos de armaduras mínimas	
- 2) Se deberá **fixar la edad de diseño** (igual o diferente a 28 días) según las necesidades de la estructura, pudiendo adoptar **resistencias y/o recubrimientos iguales o superiores** a los arrojados por durabilidad; comenzando en este momento el **diseño por resistencia** y cálculo estructural
- 3) Por último, existen 3 casos de requisitos especiales





TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Requisitos generales según CIRSOC 201:05

- El hormigón debe cumplir con las siguientes limitaciones y criterios:

Máxima relación agua / cemento	Durabilidad
Mínima resistencia especificada	Resistencia
	Durabilidad
Contenido mínimo de cemento (si corresponde)	Durabilidad
Resistencia frente a sulfatos y otros ataques químicos	Durabilidad
Resistencia frente al ataque del agua de mar	Durabilidad
Inhibición de la reacción álcali-sílice	Durabilidad
Ensayo obligatorio de absorción y succión capilar	Durabilidad
Recubrimientos mínimos según el ambiente de exposición	Durabilidad
Limitar los anchos de fisuras y deformaciones	Durabilidad y Funcionalidad
Utilizar diseños geométricos adecuados	Durabilidad
Explicitar un plan de inspecciones sistemático	Durabilidad

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por durabilidad según CIRSOC 201:05

- Se define la **vida útil en servicio de una estructura** como al período de tiempo a partir de su construcción, durante el cual aquella debe mantener condiciones aceptables de seguridad, funcionalidad o aptitud en servicio y aspecto estético, sin gastos de mantenimiento no previstos
- El CIRSOC requiere que los **documentos del Proyecto incluyan una estrategia y manual de mantenimiento de la estructura**, debiendo contener la secuencia y modalidad de las inspecciones y las operaciones a realizar para evitar o minimizar la degradación de la estructura



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por durabilidad según CIRSOC 201:05

- Realiza una **clasificación de ambientes** en tablas de muy fácil aplicación, en función de diferentes patologías, para identificar el ambiente en contacto con cada conjunto de elementos estructurales; **especificando:**
 - **Relación agua / cemento máxima:** la cual es difícil de controlar en la práctica y por ello en la actualidad se especifica un requisito adicional
 - **Resistencia a compresión mínima:** la cual se corresponde aproximadamente con la relación a/c del ambiente y que sí es posible controlar de manera práctica; midiendo al ensayar probetas: **durabilidad y resistencia**
 - **Recubrimientos mínimos de armaduras**



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por durabilidad según CIRSOC 201:05

Clasificación de ambientes: f'_c mínima y a/c máxima para hormigón armado

Corrosión CO_2	A1	Ambiente no agresivo, interior edificios, climas secos	H-20	0,60
	A2	Ambiente normal, elementos exteriores, climas templados	H-25	0,50
	A3	Clima cálido y húmedo, elementos exteriores	H-30	0,50
Corrosión Cloruros	CL	Húmedo o sumergido con cloruros, no ambiente marino	H-35	0,45
	M1	Ambiente marino, elementos a más de 1 km de la costa	H-30	0,50
	M2	Ambiente marino, elementos menos 1 km y sumergidos	H-35	0,45
Congelación	C1	Congelación y deshielo sin sales, climas fríos	H-30	0,45
	C2	Congelación y deshielo con sales, climas fríos	H-35	0,45
Ataques químicos	Q1	Agresividad química moderada de suelos o líquidos	H-30	0,50
	Q2	Agresividad química fuerte de suelos o líquidos	H-35	0,45
	Q3	Agresividad química muy fuerte de suelos o líquidos	H-40	0,40

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo

CASO 1 – Cobertizos de hormigón en zona de alta montaña

DATOS

- Elementos: Columnas, vigas y losas
- Exposición: Riesgo de congelación
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-25

Ambiente de exposición: C1

- Resistencia mínima: H-30
- Relación a/c máxima: 0,45
- Otros: Aire intencionalmente incorporado; Recubrimiento mín: 40 a 45 mm

Diseño por durabilidad



Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

C 1	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 %, y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. • Estructuras que contienen agua o la conducen.
-----	--------------------------	-----------------------------------	---	--

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo



Diseño por durabilidad



CASO 2 – Pileta de natación techada (losa de hormigón) en club

DATOS

- Elementos: Tabiques, vigas y losa
- Exposición: Cloruros (no origen marino)
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-20

Ambiente de exposición: CL

- Resistencia mínima: H-35
- Relación a/c máxima: 0,45
- Otros: Recubrimiento mínimo 40 a 45 mm

Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

CL	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros • Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Piletas de natación sin revestir. • Fundaciones en contacto con aguas subterráneas • Sistemas en plantas potabilizadoras • Elementos de puentes
----	---	------------------------	--	--

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo



Diseño por durabilidad



CASO 3 – Elementos estructurales internos en edificio de oficinas

DATOS

- Elementos: Columnas, tabiques, vigas y losas
- Exposición: No agresiva
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-25

Ambiente de exposición: A1

- Resistencia mínima: H-20
- Relación a/c máxima: 0,60
- Otros: Recubrimiento mínimo 20 a 30 mm

Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

A1	No agresiva	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios protegidos de la intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
----	-------------	--	---

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo 

CASO 4 – Canal de riego en contacto con suelos no agresivos

DATOS

- Elementos: Muros, solera y obras de arte
- Exposición: En contacto con el suelo
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-25

Ambiente de exposición: A2

- Resistencia mínima: H-25
- Relación a/c máxima: 0,50
- Otros: Recubrimiento mínimo 30 a 35 mm

Diseño por durabilidad



Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con HR \geq 65 % o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios.
-----	-----------------	--	--	--

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo 

CASO 5 – Elementos de fachada de un hotel frente a la costa

DATOS

- Elementos: Columnas y vigas
- Exposición: Marino, a < de 1 km de la costa
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-30

Ambiente de exposición: M2

- Resistencia mínima: H-35
- Relación a/c máxima: 0,45
- Otros: Recubrimiento mínimo 45 a 55 mm

Diseño por durabilidad



Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

M 2	Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> • A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcciones próximas a la costa.
-----	---------	------------------------	--	---

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo 

CASO 6 – Elementos exteriores en una industria en clima tropical

DATOS

- Elementos: Columnas, tabiques y vigas
- Exposición: Ambiente tropical
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-25

Ambiente de exposición: A3

- Resistencia mínima: H-30
- Relación a/c máxima: 0,50
- Otros: Recubrimiento mínimo 40 a 45 mm

Diseño por durabilidad



Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

A 3	Clima cálido y húmedo	<ul style="list-style-type: none"> • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año $\geq 25^\circ$ C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o • Pavimentos
-----	-----------------------	--	--

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo 

CASO 7 – Fundaciones en contacto con suelos agresivos (sulfatos)

DATOS

- Elementos: Pozos y vigas de fundación
- Exposición: Posible ataque de sulfatos
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-25

Ambiente de exposición: Q2

- Resistencia mínima: H-35
- Relación a/c máxima: 0,45
- Otros: Recubr. mín. 55 a 75 mm, Cemento ARS

Diseño por durabilidad



Tabla 2.4. - CIRSOC 201:05

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) % en masa
Moderado	0,10 a 0,20
Fuerte	0,20 a 2,00
Muy fuerte	Mayor de 2,00

Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

Q 2	Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4). • Exposición al agua de mar 	
-----	--------	--	--

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo

Diseño por durabilidad

INFORME DE ANALISIS

Mendoza, 07 de Noviembre

Solicitante: Dafre, Gaido y Asociados
 Procedencia de la muestra: Escuela Manuel Domínguez - Palmira
 Fecha de extracción: 25/10/07
 Extraída por: Arq. Alejandro Pizarro - Arq. Fernando Jaimes

Nº de Muestra	Punto de extracción	Matriz	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) % en masa
499/07	Sector F profundidad 0 -30 cm	Suelo	0,59
500/07	Sector F profundidad -30 -60 cm	Suelo	0,31
501/07	Sector F(vertice) profundidad -30-70 cm	Suelo	0,23
502/07	Sector B/C profundidad -60 -80 cm	Suelo	0,34
503/07	Sector B/C profundidad -80 -100 cm	Suelo	0,29
504/07	Sector PS profundidad 0 - 100 cm	Suelo	1,14
505/07	Sector PS profundidad 100 - 170 cm	Suelo	0,78
506/07	Sector PS profundidad 170 - 220 cm	Suelo	0,36
Método normalizado			VN-E18.



Tabla 2.4. - CIRSOC 201:05

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) % en masa
Moderado	0,10 a 0,20
Fuerte	0,20 a 2,00
Muy fuerte	Mayor de 2,00

Ante la preparación de la muestra a analizar, como las determinaciones, se realizaron de acuerdo a los procedimientos detallados en dicha norma.

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo

Diseño por durabilidad

CASO 8 – Piso industrial de una planta procesadora de cítricos

DATOS

- Elementos: Piso industrial
- Exposición: Posible ataque ácido
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-25
- pH líquidos en contacto: entre 4,0 y 4,3

Ambiente de exposición: Q3

- Resistencia mínima: H-40
- Relación a/c máxima: 0,40
- Otros: Recubrimiento mínimo 45 mm



Tabla 2.3. - CIRSOC 201:05

Grado de ataque	pH
Moderado	6,5 a 5,5
Fuerte	5,5 a 4,5
Muy fuerte	Menor de 4,5

Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

Q3	Muy fuerte	• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4).
----	------------	--

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Ejemplo 

CASO 9 – Elementos exteriores en edificio público en clima templado

DATOS

- Elementos: Columnas, tabiques y vigas
- Exposición: Ambiente normal
- Resistencia por cálculo (ejemplo): H-30

Ambiente de exposición: A2

- Resistencia mínima: H-25
- Relación a/c máxima: 0,50
- Otros: Recubrimiento mínimo 40 a 45 mm

Diseño por durabilidad

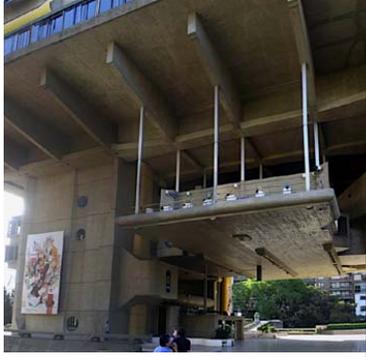


Tabla 2.1. - CIRSOC 201:05

A2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	<ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con HR \geq 65 % o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media
----	-----------------	---	--	---

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

- El pedido del hormigón elaborado **siempre debe realizarse en base a resistencia a compresión o categoría resistente**; salvo para casos especiales como rellenos de densidad controlada u hormigones alivianados no estructurales
- Esta es la única forma de controlar y saber si el hormigón endurecido cumple o no con las especificaciones y condiciones del pedido
- El **contenido de cemento no puede determinarse de manera práctica** y la resistencia **no sólo depende del contenido de cemento**
- Por ejemplo un hormigón con 300 kg/m³ en la actualidad puede ser:
 - Un hormigón H-13 (H-15) empleando agregados de mala calidad
 - Un hormigón H-17 (H-20) empleando agregados convencionales
 - Un hormigón H-21 (H-25) con reductores de agua y buenos agregados
 - Un hormigón H-25 (H-30) optimizando al máximo los recursos



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

“Problemáticas” disposiciones del Reglamento CIRSOC 201:82

Tabla 4. Contenido unitario mínimo de cemento normal, para un tamaño máximo del agregado grueso de 25 mm y para los asentamientos que se indican (proporciones establecidas en forma empírica)

Clase de resistencia del hormigón H - I	Resistencia característica a la edad de 28 días σ'_{bk} MN/m ² (kgf/cm ²)	Contenido unitario mínimo de cemento (kg/m ³) del hormigón compactado, para las consistencias (asentamientos) que se indican		
		A - 1 (1,0 a 4,5 cm)	A - 2 (5,0 a 9,5 cm)	A - 3 (10,0 a 15,0cm)
H - 4	4 (40)	180	200	---
H - 8	8 (80)	230	250	290
H - 13	13 (130)	290	320	360
H - 17	17 (170)	310	340	380

6.6.3.3. Contenido unitario mínimo de cemento normal del hormigón compactado

a) Si la composición del hormigón se establece en forma experimental, de acuerdo con ensayos y estudios previos, en la forma establecida en el artículo 7.3.3.1., el contenido unitario de cemento en ningún caso será menor que el que se indica a continuación:

- en estructuras de hormigón simple: 100 kg/m³
- en estructuras de hormigón armado, a los efectos de proteger a las armaduras contra la corrosión: 280 kg/m³

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

Comparación de las categorías entre las versiones del Reglamento

CIRSOC 201:82 Norma IRAM 1666:86			No hay equivalencia directa entre ambos Diferentes criterios estadísticos	CIRSOC 201:05		
Resistencia característica $\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,65 S$	Hº Simple	H-4 H-8		H-15	Hº Simple	Resistencia especificada $f'_c = f'_{cm} - 1,28 S$
		Hº Simple	H-13	H-20	S. y Armado	
	Hº Armado	H-17	H-25	Hº Simple		
	Hº Simple	H-21	H-30			
	Hº Armado	H-30	H-35		Hº Armado	
	Hº Pretesado	H-38	H-40	Hº Pretesado		
		H-47	H-45			
			H-50			
			H-60			

Se eliminan categorías muy bajas
 El Hº armado debe ser H-20 o superior

Clasificación sencilla de 5 en 5 MPa
 Se incorporan Hº de Alta Resistencia

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

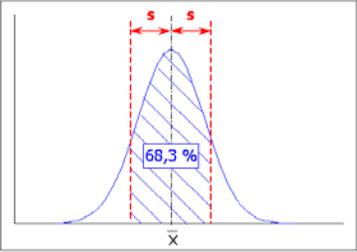
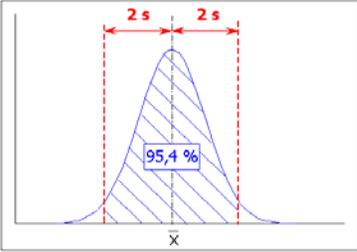
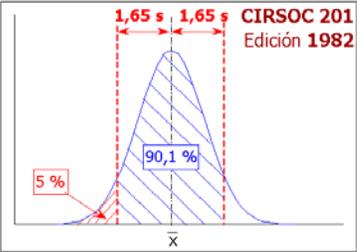
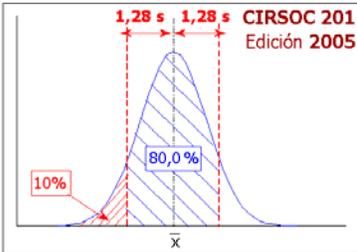
TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Criterios estadísticos de ambos reglamentos

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Criterios estadísticos de ambos reglamentos

$f'_{cm} \geq f'_c + 1,28 s_n$ CIRSOC 201-05

f'_{cm} = resistencia media aritmética f'_c = resistencia especificada
 s_n = desviación estándar

Probabilidad que el 10% de los resultados estén bajo f'_c

$\sigma'_{bm} \geq \sigma'_{bk} + 1,65 s_n$ CIRSOC 201-82

σ'_{bm} = resistencia media aritmética σ'_{bk} = resistencia característica

Probabilidad que el 5% de los resultados estén bajo σ'_{bk}

- Cuando se disponga de **30 o más resultados de ensayos** consecutivos, la **desviación estándar** puede determinarse:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cm})^2}{(n-1)}}$$

s = desviación estándar n = n° de ensayos
 f'_{ci} = valor individual f'_{cm} = media aritmética

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Edad de diseño del hormigón **Artículo 2.3.3**

- El Proyectista define la edad de diseño:

- Tipo de estructura
- Momento de la puesta en servicio
- Cemento y/o aditivos empleados en la construcción



- Cuando **no se establezca una edad de diseño diferente, **se adoptará la edad de diseño clásica de 28 días****

- En **estructuras masivas, cuando se empleen cementos que ganan resistencia con el tiempo, podrá usarse la edad de diseño de **90 días****
Por ejemplo, ciertos cementos puzolánicos aumentan un 20% su resistencia a 1 año (respecto a la de 28 días)

- En **estructuras que no se puede o no es rentable **esperar 28 días**, podrá emplearse una **edad de diseño de 3 ó 7 días****
Por ejemplo, el CPP 40 empleado en Mendoza, presenta un **75% (3/4)** de su resistencia a los 7 días (respecto a la de 28 días), sin empleo de aditivos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Requisitos especiales según CIRSOC 201:05

1. Hormigón a colocar bajo agua

El **hormigón debe presentar ciertas características** como relación a / c máxima de 0,45, resistencia mínima 30 MPa, el TM del agregado recomendado es 1", debe emplearse aire incorporado y son obligatorios los superfluidificantes, ya que el asentamiento requerido es entre 16 y 20 cm

Todas estas especificaciones redundan en que el hormigón debe ser **cohesivo** y **no debe presentar tendencia a la segregación**; siendo muy recomendable el **empleo de aditivos anti-deslave** (anti wash-out)



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Requisitos especiales según CIRSOC 201:05

2. Hormigón de elevada impermeabilidad

Para cisternas, tanques de agua, tuberías, conductos, etc.; el reglamento establece requisitos especiales, **no recomendando el empleo de aire incorporado ni de aditivos hidrófugos**

Para espesores menores a 50 cm especifica categorías H-30 y relaciones a/c máximas 0,45, siendo recomendable el empleo de aditivos reductores de agua en planta y superfluidificantes en obra para lograr fluidez, siendo sugerido no sobrepasar los 15 cm de asentamiento

Además, especifica un ensayo por durabilidad específico (IRAM 1554)



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Requisitos especiales según CIRSOC 201:05

3. Hormigón expuesto a abrasión

Solo para casos de abrasión u erosión intensiva (resbalamiento de materiales a granel, movimiento de objetos pesados, escurrimiento de agua a más de 6-8 m/seg) establece que deben especificarse y controlarse relaciones a/c máximas de 0,42 y **categoría resistente H-40**

Además, recomienda aditivos reductores de agua de alto rango y no sobrepasar los 10 cm de asentamiento, debiendo controlar la velocidad y capacidad de exudación. Respecto al agregado aconseja un TMN de 1" o inferior y que la resistencia al desgaste LA del agregado < al 30%

En estos casos, todas las tareas de puesta en obra, terminación superficial y curado deben ser extremadamente cuidadosas



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

2- Criterios de diseño: Durabilidad y Resistencia

Otros hormigones de características especiales

4. Hormigón masivo

- Si bien deben considerarse una gran cantidad de aspectos relacionados con técnicas constructivas para **reducir el riesgo por fisuración térmica**, a continuación se presentan las previsiones a considerar en la dosificación:

- Minimizar el contenido de cemento
- Diseñar el hormigón a edades > 56 días
- Empleo de cementos BCH y/o adicionados
- Empleo de reductor de agua de alto rango
- Evaluar el empleo de retardadores de fragüe
- Emplear el mayor TMN compatible con los medios de colocación del hormigón
- Maximizar el contenido de agregado grueso (compatible con la colocación)
- Importancia de la temperatura del hormigón y las condiciones ambientales durante el colado



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Contenido	
	● Introducción y preguntas frecuentes
	● Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
	● Método iterativo de dosificación de hormigones
	● Ejemplos de elección de consistencia y TMN
	● Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
	● 8 Pasos del método de dosificación racional
	● Correcciones y ajustes en pastones
	● Correcciones y Ajustes en obra

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

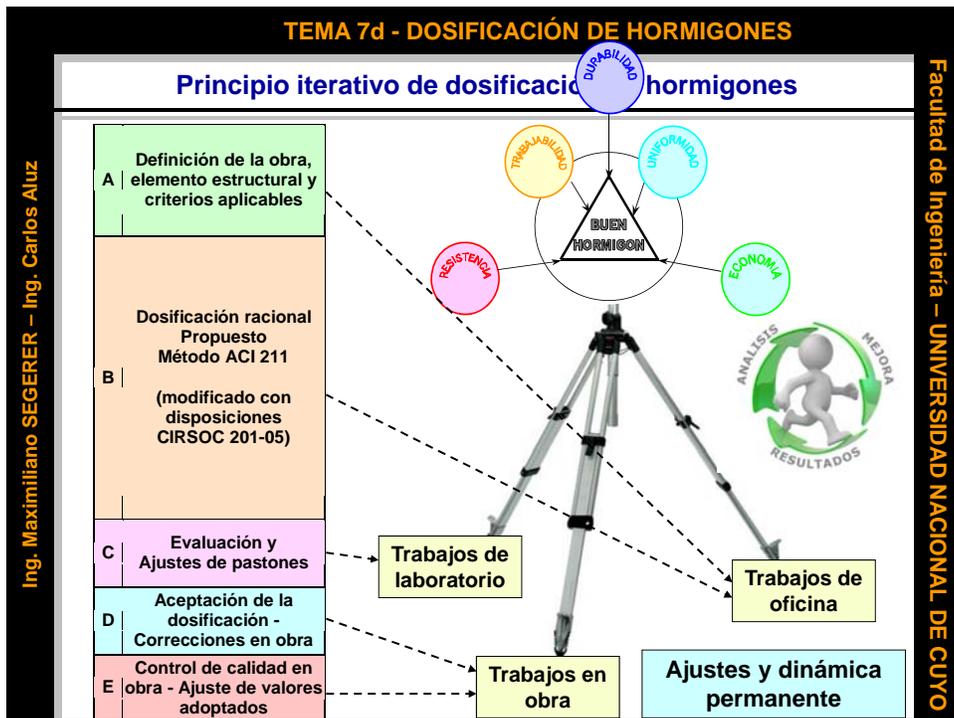
TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Principio iterativo de dosificación de hormigones

A	Definición de la obra, elemento estructural y criterios aplicables	1	Requisitos por Durabilidad: Condiciones de exposición
		2	Requisitos por Resistencia: Cálculo estructural
		3	Geometría, armado y accesibilidad del elemento estructural
		4	Condiciones de elaboración y puesta en obra
		5	Conocimiento de normas, pliegos y reglamentos aplicables
B	Dosificación racional Propuesto Método ACI 211 (modificado con disposiciones CIRSOC 201-05)	0	Características físicas de materiales (ensayos de laboratorio)
		1	Elección de la consistencia
		2	Definición del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso
		3	a Utilización o no de aditivos
			b Estimación del requerimiento total de agua
		4	a Durabilidad: Condición de exposición del elemento estructural
			b Resistencia requerida por cálculo
		5	Determinación del contenido unitario de cemento
		6	Estimación de la cantidad total de agregado grueso
		7	a Cálculo de la cantidad de agregado fino por diferencia
	b Cálculo de las proporciones de todos los componentes		
	c Verificación del requisito de cohesividad de la mezcla		
8	Correcciones por estado de humedad de los agregados		
C	Evaluación y Ajustes de pastones	1	Ensayos de laboratorio y análisis de resultados
		2	Ajustes de la dosificación y volver al punto B (Iteración)
		3	Interpolación de valores mediante análisis crítico de resultados
D	Aceptación de la dosificación - Correcciones en obra	1	Aprobación de la dosificación a emplear en obra
		2	Correcciones en obra por estado superficial de agregados
		3	Ajustes por valores medidos y por observaciones de obra
E	Control de calidad en obra - Ajuste de valores adoptados	1	Evaluación periódica de las propiedades (fresco y endurecido)
		2	Ajustes de las proporciones (criterio técnico-económico)
		3	Valores de desviación estándar (condiciones de elaboración)

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	
Contenido	
	● Introducción y preguntas frecuentes
	● Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
	● Método iterativo de dosificación de hormigones
	● Ejemplos de elección de consistencia y TMN
	● Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
	● Pasos del método de dosificación racional
	● Correcciones y ajustes en pastones
	● Correcciones y Ajustes en obra

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES	
4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN	
Generalidades sobre criterios de elección	
¿Cuáles son las dimensiones del elemento a hormigonar?	
¿Cómo están dispuestas las armaduras del elemento?	
¿Cuál es la accesibilidad al elemento y por donde se colará?	
¿Cómo se va a "llevar" el hormigón del camión al elemento?	
¿Cuál es la metodología de vibrado que se va a emplear?	
¿Los operarios podrán trabajar fácilmente el hormigón?	
¿Existen especificaciones particulares?	
¿Existen experiencias previas en la obra con buenos resultados?	
¿Se han observado en la obra avisperos o defectos al desencofrar?	
¿Se usarán metodologías no tradicionales u hormigones especiales?	

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Generalidades sobre criterios de elección

Para **hormigones convencionales**, puede señalarse que es preferible:

1) Emplear la consistencia más adecuada para el elemento estructural considerando los medios de puesta en obra del hormigón y que los operarios no deban realizar esfuerzos excesivos para trabajar

- No es recomendable trabajar con mezclas con asentamientos inferiores a 4 cm, salvo en algunos casos especiales, debido a que se dificultan todas las tareas y existe mayor probabilidad que se le incorpore agua sin control
- Tampoco es recomendable trabajar con asentamientos superiores a 20 cm con aditivos convencionales ya que existe riesgo elevado de segregación
- Con respecto al empleo de aditivos superfluidificantes (o fluidificantes):
 - Es recomendable para asentamientos entre 8 a 12 cm
 - Es muy recomendable para asentamientos entre 12 a 15 cm
 - Es obligatorio para asentamientos superiores a 15 cm

2) Emplear el mayor tamaño máximo de agregado que sea compatible con el elemento estructural y con los medios de puesta en obra

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Generalidades sobre criterios de elección

1) ELECCIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN FRESCO

1) Dimensiones del elemento y armado

- Para secciones masivas podrán utilizarse menores asentamientos
- Para secciones armadas se recomiendan asentamientos más elevados

2) Manipuleo del hormigón en obra

- Asentamiento mayor a 8 a 10 cm para bombearlo (función de la bomba)
- Asentamiento menor a 15 cm si es colocado por cinta o por balde

3) Otros (métodos colocación, compactación, especificaciones, etc.)

- Especificaciones de proyecto, hormigones especiales, tecnologías constructivas no convencionales, métodos de compactación, etc.

4) Experiencias previas en elementos estructurales similares

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Generalidades sobre criterios de elección

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

2) ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

1) Dimensiones del elemento y armado

- 1/5 de la menor dimensión del elemento
- 1/3 de la altura en losas
- 3/4 de la separación mínima de armaduras
- 3/4 del espesor de recubrimiento
- 2/3 separación armaduras en elem. verticales

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 3/4" a 1" para bombearlo (función de la bomba)
- 1 1/2" si se coloca por cinta o por balde – 2" si se descarga por canaleta

3) Otros (métodos colocación, compactación, especificaciones, etc.)

- Especificaciones de proyecto, hormigones especiales, tecnologías constructivas no convencionales, métodos de compactación, etc.

4) Experiencias previas en elementos estructurales similares

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Elección de consistencia y TMN

Ejemplo

CASO 1 – Viga de hormigón en un tercer piso llenada por bombeo

DATOS DEL ELEMENTO

- Colocación por bombeo
- $r = 2,5 \text{ cm}$
- $s_1 = 11 \text{ cm}$
- $s_2 = 3,5 \text{ cm}$
- $b = 30 \text{ cm}$
- $h = 60 \text{ cm}$

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ejemplo: $15 \pm 2 \text{ cm}$

Aditivo superfluidificante - Obligatorio

Ejemplo Pedido 1: Asentamiento 7 cm llegada a obra y que el mixer lleve superfluidificante para incorporar en obra

Ejemplo Pedido 2: Que el mixer llegue a obra con asentamiento 15 cm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

CASO 1 – Viga de hormigón en un tercer piso llenada por bombeo

DATOS DEL ELEMENTO

- Colocación por bombeo

$r = 2,5 \text{ cm}$

$s_1 = 11 \text{ cm}$

$s_2 = 3,5 \text{ cm}$

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

- 1) Dimensiones elemento y armado
 - 1/5 de la menor dimensión del elemento = $1/5 * 30 \text{ cm} = 60 \text{ mm}$
 - 3/4 de la separación mínima de armaduras = $3/4 * 3,5 \text{ cm} = 26 \text{ mm}$
 - 3/4 del espesor de recubrimiento = $3/4 * 2,5 \text{ cm} = 19 \text{ mm}$
- 2) Manipuleo del hormigón en obra
 - 1" para bombearlo (función de la bomba) = 25 mm

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

CASO 2 – Pavimento de hormigón con descarga directa del camión

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor: 22 cm

- Pasadores cada 25 cm a la mitad de la altura del pavimento

- Descarga por canaleta

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ejemplo: $6 \pm 2 \text{ cm}$

Ejemplo Pedido: Asentamiento 6 cm llegada a obra y que el mixer lleve aditivo superfluidificante por cualquier imprevisto

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Ejemplo



Elección de consistencia y TMN

CASO 2 – Pavimento de hormigón con descarga directa del camión

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor: 22 cm
- Pasadores cada 25 cm a la mitad de la altura del pavimento
- Descarga por canaleta



Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- 1/3 de la altura = $1/3 * 22 \text{ cm} = 73 \text{ mm}$
- 3/4 de la separación mínima de pasadores = $3/4 * 25 \text{ cm} = 190 \text{ mm}$
- 3/4 del espesor de recubrimiento = $3/4 * 22/2 \text{ cm} = 82 \text{ mm}$

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 2" para hormigón descargado por canaleta = 51 mm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Ejemplo



Elección de consistencia y TMN

CASO 3 – Piso industrial en galpón que no pueden acceder mixers

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor: 16 cm
- Malla ϕ 6 c/ 15 cm a la mitad de altura
- Colocación por bombeo



Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ejemplo: $12 \pm 2 \text{ cm}$

Aditivo superfluidificante - Muy recomendado

Ejemplo Pedido 1: Asentamiento 7 cm llegada a obra y que el mixer lleve superfluidificante o fluidificante para incorporar en obra

Ejemplo Pedido 2: Que el mixer llegue a obra con asentamiento 12 cm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 3 – Piso industrial en galpón que no pueden acceder mixers

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor: 16 cm
- Malla ϕ 6 c/ 15 cm a la mitad de altura
- Colocación por bombeo

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- 1/3 de la altura = $1/3 * 16 \text{ cm} = 53 \text{ mm}$
- 3/4 de la separación mínima de la malla = $3/4 * 15 \text{ cm} = 112 \text{ mm}$
- 3/4 del espesor de recubrimiento = $3/4 * 16/2 \text{ cm} = 60 \text{ mm}$

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 3/4" para bombearlo (función de la bomba) = 19 mm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 4 – Columna de edificio en quinto piso llenada con balde

DATOS DEL ELEMENTO

- Dimensiones: 70 x 70 cm
- Separación armaduras principales: 8 cm
- Separación de estribos: 15 cm
- Recubrimiento de armaduras: 3.0 cm
- Colocación por balde

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ejemplo: $10 \pm 2 \text{ cm}$

Aditivo superfluidificante - Recomendado

Ejemplo Pedido 1: Asentamiento 7 cm llegada a obra y que el mixer lleve superfluidificante o fluidificante para incorporar en obra

Ejemplo Pedido 2: Que el mixer llegue a obra con asentamiento 10 cm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 4 – Columna de edificio en quinto piso llenada con balde

DATOS DEL ELEMENTO

- Dimensiones: 70 x 70 cm
- Separación armaduras principales: 8 cm
- Separación de estribos: 15 cm
- Recubrimiento de armaduras: 3,0 cm
- Colocación por balde

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- 1/5 de la menor dimensión del elemento = $1/5 * 70 \text{ cm} = 140 \text{ mm}$
- 3/4 de la separación mínima de armaduras = $3/4 * 8 \text{ cm} = 60 \text{ mm}$
- 3/4 del espesor de recubrimiento = $3/4 * 3,0 \text{ cm} = 23 \text{ mm}$

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 1 1/2" para colocación con balde de 300 litros = 38 mm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 5 – Patio deportivo al aire libre con tecnología láser y llaneado

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor: 15 cm
- Malla ϕ 8 c/ 12 cm a los 2/3 de la altura
- Se realizará con terminadora láser
- Descarga por canaleta

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	A < 2 cm
Seca	2 cm < A ≤ 5 cm
Plástica	5 cm < A ≤ 10 cm
Muy plástica	10 cm < A ≤ 15 cm
Fluida	15 cm < A ≤ 18 cm
Muy fluida	A > 18 cm

Ejemplo: 12 ± 2 cm

Aditivo superfluidificante muy recomendado
 Podrían emplearse fibras de polipropileno

Ejemplo Pedido: Asentamiento 7 cm llegada a obra y que el mixer superfluidificante o fluidificante para incorporar en obra

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 5 – Patio deportivo al aire libre con tecnología láser y llaneado

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor: 15 cm
- Malla ϕ 8 c/ 12 cm a los 2/3 de la altura
- Se realizará con terminadora láser

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- 1/3 de la altura en losas = $1/3 * 15 \text{ cm} = 50 \text{ mm}$
- 3/4 de la separación mínima de la malla = $3/4 * 12 \text{ cm} = 90 \text{ mm}$
- 3/4 del espesor de recubrimiento = $3/4 * 15 * (1/3) \text{ cm} = 38 \text{ mm}$

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 2" para hormigón descargado por canaleta = 51 mm

3) Otros (métodos colocación, compactación, especificaciones, etc.)

- La terminadora láser trabaja adecuadamente para TMN 1 1/2" = 38 mm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 6 – Zapata de fundación donde se descargará por cinta

DATOS DEL ELEMENTO

- Dimensiones: 100 cm x 140 cm x 90 cm
- Armaduras horizontales: ϕ 12 c/ 10 cm
- Armaduras verticales: ϕ 8 c/ 15 cm
- Recubrimiento de proyecto: 4,5 cm
- Descarga por cinta

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	A < 2 cm
Seca	2 cm < A ≤ 5 cm
Plástica	5 cm < A ≤ 10 cm
Muy plástica	10 cm < A ≤ 15 cm
Fluida	15 cm < A ≤ 18 cm
Muy fluida	A > 18 cm

Ejemplo: 8 ± 2 cm

Ejemplo Pedido: Asentamiento 8 cm llegada a obra y que el mixer lleve aditivo superfluidificante por cualquier imprevisto

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 6 – Zapata de fundación donde se descargará por cinta

DATOS DEL ELEMENTO

- Dimensiones: 100 cm x 140 cm x 90 cm
- Armaduras horizontales: ϕ 12 c/ 10 cm
- Armaduras verticales: ϕ 8 c/ 15 cm
- Recubrimiento de proyecto: 4,5 cm
- Descarga por cinta

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- 1/5 de la menor dimensión del elemento = $1/5 * 90 \text{ cm} = 180 \text{ mm}$
- 3/4 de la separación mínima de armaduras = $3/4 * 10 \text{ cm} = 75 \text{ mm}$
- 3/4 del espesor de recubrimiento = $3/4 * 4,5 \text{ cm} = 34 \text{ mm}$

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 1 1/2" para colocación por cinta = 38 mm

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz



Ejemplo

Elección de consistencia y TMN

CASO 7 – Canal de riego de hormigón simple con taludes a 45°

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor del canal: 12 cm
- Armaduras: Sin armaduras
- Taludes a 45°
- Descarga por canaleta

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ejemplo: $4 \pm 1 \text{ cm}$

Ejemplo Pedido: Asentamiento 4 cm llegada a obra

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ejemplo



Elección de consistencia y TMN

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

CASO 7 – Canal de riego de hormigón simple con taludes a 45°

DATOS DEL ELEMENTO

- Espesor del canal: 12 cm
- Armaduras: Sin armaduras
- Taludes a 45°
- Descarga por canaleta



Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- 1/3 de la altura en losas = $1/3 * 12 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$
- No existen armaduras

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 2" para hormigón descargado por canaleta = 51 mm



TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ejemplo



Elección de consistencia y TMN

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

CASO 8 – Superestructura y vigas principales de un puente

DATOS DEL ELEMENTO

- Dimensión menor de vigas: 25 cm
- Separación armaduras principales: 4 cm
- Separación de estribos: 12 cm
- Recubrimiento de armaduras: 2.0 cm
- Recubrimiento vaina postensado: 7.5 cm
- Colocación por bomba

Ámbitos de consistencia	
Muy seca	$A < 2 \text{ cm}$
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$
Muy fluida	$A > 18 \text{ cm}$

Ejemplo: $16 \pm 2 \text{ cm}$

Aditivo superfluidificante – Obligatorio

Ejemplo Pedido 1: Asentamiento 8 cm llegada a obra y que el mixer lleve superfluidificante para incorporar en obra

Ejemplo Pedido 2: Solicitar Hormigones Autocompactantes



TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

4- Ejemplos de elección de consistencia y TMN

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Ejemplo 

Elección de consistencia y TMN

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

CASO 8 – Superestructura y vigas principales de un puente

DATOS DEL ELEMENTO

- Dimensión menor de vigas: 25 cm
- Separación armaduras principales: 3,0 cm
- Separación de estribos: 12 cm
- Recubrimiento de armaduras: 2,0 cm
- Recubrimiento vaina postensado: 7,5 cm
- Colocación por bomba

Denominaciones TMN		
1/2"	13 mm	6/12 ó 6/15
3/4"	19 mm	6/19 ó 6/20
1"	25 mm	6/25 ó 6/30
1 1/2"	38 mm	6/35 ó 6/38
2"	51 mm	6/50

1) Dimensiones elemento y armado

- $1/5$ de la menor dimensión del elemento = $1/5 * 25 \text{ cm} = 50 \text{ mm}$
- $3/4$ de la separación mínima de armaduras = $3/4 * 3,0 \text{ cm} = 23 \text{ mm}$
- $3/4$ del espesor de recubrimiento = $3/4 * 2,0 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$

2) Manipuleo del hormigón en obra

- 1" para colocación con bomba = 25 mm

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Contenido	
	● Introducción y preguntas frecuentes
	● Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
	● Método iterativo de dosificación de hormigones
	● Ejemplos de elección de consistencia y TMN
	● Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
	● Pasos del método de dosificación racional
	● Correcciones y ajustes en pastones
	● Correcciones y Ajustes en obra

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TIPOS DE ADITIVOS

- Los aditivos se incorporan a un hormigón de buena calidad para **mejorar o potenciar alguna propiedad**
- Los aditivos **no solucionan defectos** de un hormigón de mala calidad

- 1) Aditivos incorporadores de aire
- 2) Aditivos retardadores de fraguado
- 3) Aditivos acelerantes de endurecimiento
- 4) Aditivos fluidificantes o plastificantes
- 5) Aditivos superfluidificantes
- 7) Aditivos hiperfluidificantes
- 8) Aditivos hidrófugos
- 9) Fibras sintéticas y metálicas
- 10) Otros aditivos



Es indispensable para plantas hormigoneras y obras de envergadura realizar ensayos con aditivos y materiales locales y no sólo “aplicar las recetas de especificaciones del fabricante”

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

LIMITACIONES DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1) Condiciones del “pastón estándar” según IRAM 1663

- Cemento Portland Normal (CPN)
- Asentamiento constante de 6 ± 1 cm
- Arena con módulo de finura de 2,4 a 2,6
- Tamaño máximo nominal 1” (26,5 mm)
- Agregado rodado del 37 a 41% sobre el total
- Contenido de cemento de 300 ± 3 kg/m³



En la práctica no tendremos estas condiciones

2) Dosis recomendadas en las hojas técnicas

Además, las dosis en general son muy amplias y hay que determinar la **dosis óptima desde el punto de vista técnico y económico**

Por ejemplo un reductor de agua de alto rango se especifica entre el 0,5% y 1,5% del peso del cemento. Para un contenido medio de cemento de 340 kg/m³, **equivale a 1,7 a 5,0 kg/m³**, con lo cual no puede conocerse la dosis que traerá mejor comportamiento en el hormigón fresco y endurecido

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

1) ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE

- Deben emplearse en **hormigones expuestos a ciclos de congelación y deshielo en climas fríos**, que tengan contacto con el agua
- Cuando se los especifica **deben ser controlados** y medido siempre en obra, de lo contrario pueden existir inconvenientes de resistencia y/o durabilidad. Debe realizarse el ensayo en obra de aceptación (Aparato de Washington)
- Estos aditivos deben ser siempre **incorporados en planta** con el agua de mezclado del mixer y **nunca se deben incorporar en la obra**
- Se incorporan en **dosis muy bajas** del 0,05 al 0,30% del peso del cemento



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

1) ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE

- Pueden reducir el **contenido de agua un 5 a 10%** respecto a un hormigón de igual asentamiento sin aire incorporado, actuando las burbujas de aire como “pequeños rulemanes” esféricos que mejoran la docilidad
- En general, su incorporación reduce la tasa de exudación del hormigón
- Las dosis de aditivo en el hormigón son muy pequeñas, a veces menos de 10 g / pastón, con lo cual es indispensable una medición precisa, por peso y con resolución de 0,1 g

Reducen la resistencia mecánica a compresión aprox. un 4 a 5% por cada 1% de aire adicional al naturalmente incorporado. Por ejemplo, si un hormigón convencional tiene un contenido de aire naturalmente incorporado del 1,5% y se especifica un contenido de aire del 5,5%, el porcentaje de aire excedente es del 4,0%; **la caída de resistencia** (a igual relación a / c) **será del orden del 15%**



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

2) ADITIVOS RETARDADORES DE FRAGUADO

- Se emplean cuando tiene que **retrasarse el inicio del fragüe** algunas horas, por una o más de las siguientes circunstancias:

- Transporte del hormigón a importantes distancias (más de 40-60 km)
- Hormigonado en tiempo caluroso
- Hormigonado de estructuras masivas

- Es recomendable realizar ensayos previos para verificar que se retrase el fragüe el tiempo previsto (1 a 6 horas)

- Estos aditivos deben ser siempre **incorporados en planta**, diluidos en el agua de mezclado

- En general los aditivos retardadores van en **dosis bajas** (0,2 al 0,4% del peso del cemento) y **pueden reducir la demanda de agua** de 4 al 8%



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

3) ADITIVOS ACELERANTES DE ENDURECIMIENTO

- Se emplean cuando tiene que **acelerarse la ganancia de resistencias** en los primeros días, sin que implique acelerar el fragüe del hormigón:

- Hormigonado en tiempo frío (igual hay que proteger los primeros días)
- Aceleración de tareas de desencofrado y rotación de moldes
- Aplicación más temprana de tensiones de postesado
- Habilitación rápida de estructuras (ejemplo: puentes, pavimentos)



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

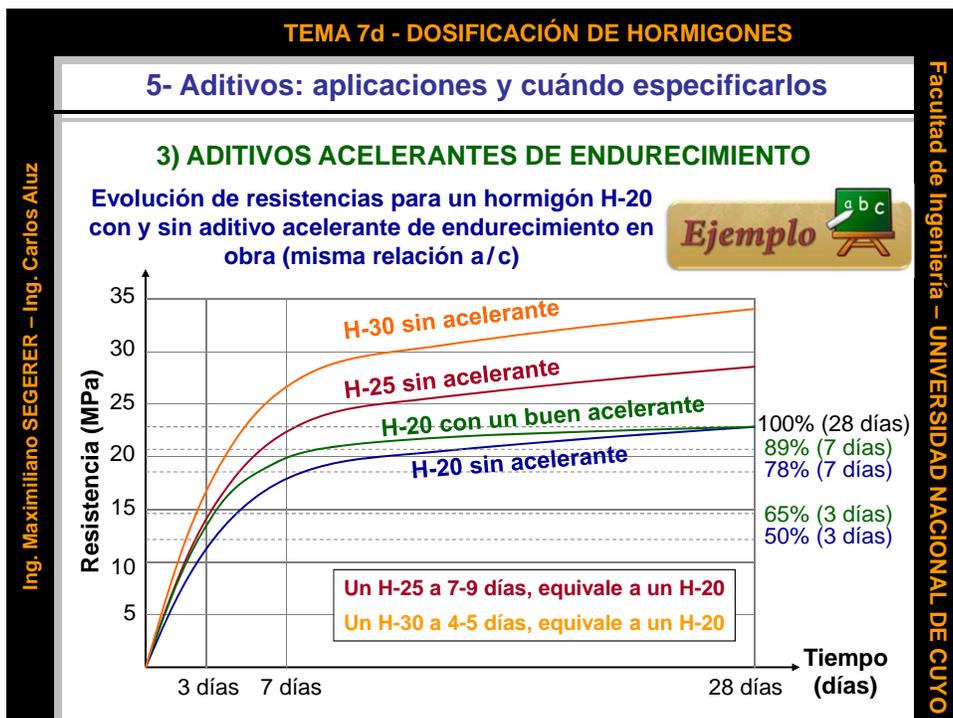
3) ADITIVOS ACELERANTES DE ENDURECIMIENTO

- No debe "confiarse" ciegamente en las especificaciones sin la realización de ensayos, siendo dificultoso conseguir acelerantes eficaces
- Para que el mismo actúe, debe ser incorporado en el agua de mezclado y **reducen cerca de un 8% de agua**, utilizando dosis generalmente altas del 1 al 2% del peso del cemento
- Al emplear este tipo de aditivos no se logra a 7 días la resistencia final, sólo se la incrementa levemente, siendo recomendable **realizar ensayos**
- Otra metodología puede ser **solicitar una categoría de hormigón superior a la necesaria antes que emplear aditivos acelerantes**




Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

4) ADITIVOS FLUIDIFICANTES O PLASTIFICANTES

- Se emplean cuando por criterios técnicos y/o económicos se debe:
 - **Reducir la cantidad de agua** de mezclado para una consistencia dada y/o
 - **Aumentar el asentamiento** para una cantidad de agua fija (igual a/c)
- Es recomendable **incorporarlos en planta** y si bien no esté admitido, muchas veces se tienen **buenos resultados incorporándolos en obra**
- Se incorporan en dosis medias entre el 0,3 y el 0,5% del peso del cemento
- Ejemplo:** Para un hormigón de 340 kg de cemento/m³ y una dosis de aditivo fluidificante de 0,35%, corresponde:
 - En peso: $0,35\% * 340 = 1,2$ kg de aditivo / m³ de hormigón
 - En volumen: 1,2 kg de aditivo / densidad del aditivo (1,18) $\approx 1,0$ litro/m³
- Con estas dosis se **reduce entre el 6 y 10% de agua de mezclado** si se incorpora en planta
- Si se **incorporan en obra se corre el riesgo de una dosificación inadecuada y problemas de retraso y/o inhibición del fragüe**

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

5) ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES

- Se diferencian de los aditivos fluidificantes en que **reducen mayor cantidad de agua y/o aumentan más aún el asentamiento**
- Son los únicos aditivos que son admitidos por Reglamento para **incorporar en obra** e incrementar el asentamiento, sin modificar la relación a/c
- Se incorporan en dosis altas entre el 0,5 y el 1,5% del peso del cemento
- Ejemplo:** Para un hormigón de 340 kg de cemento/m³ y una dosis de aditivo superfluidificante de 0,65%, corresponde:
 - En peso: $0,65\% * 340 = 2,2$ kg de aditivo / m³ de hormigón
 - En volumen: 2,4 kg de aditivo / densidad del aditivo (1,10) $\approx 2,0$ litros/m³
- Así puede **reducirse entre el 12 y 15% el agua de mezclado** si se incorpora en planta, o **se incrementa entre 6 a 12 cm el asentamiento** si se incorpora en obra; pudiendo **también incorporarlo en planta y en obra**, siempre y cuando **no se sobrepasen las dosis estudiadas**
- Debe modelarse y tenerse en cuenta la posible **pérdida de asentamiento**, ya que este tipo de aditivos puede perder su efecto entre 30 y 60 minutos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

5) ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES

- A igualdad de demanda de agua, se logran mayores asentamientos (**efecto fluidificante**) o a igualdad de asentamiento se reduce la cantidad de agua (**efecto plastificante**)



Sin aditivo
A = 5 cm

Con fluidificante
A = 12 cm

Con superfluidificante
A = 17 cm

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

6) ADITIVOS HIPERFLUIDIFICANTES

- Los aditivos hiperfluidificantes o reductores de agua de cuarta generación (base policarboxilato) pueden reducir hasta un 30% de agua o incrementar la fluidez para lograr **mezclas autocompactantes**

- Las dosis deben ser determinadas experimentalmente, ya que pequeñas variaciones pueden conllevar a propiedades indeseables del hormigón

- Tienen un rol muy importante, en la aparición y desarrollo de HAC, pero si:



- a) No se cuenta con materiales componentes de calidad
- b) No existe un sistema de seguimiento y ensayos
- c) No se tienen en cuenta tanto los materiales como las tecnologías disponibles localmente
- d) No realizan ensayos de laboratorio y de obra y control de calidad continuo
- e) No se conocen las necesidades del elemento a llenar
- f) No existe un vínculo importante entre el productor de hormigón elaborado y el constructor

se llegará a un buen resultado sólo por casualidad

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

7) ADITIVOS HIDRÓFUGOS

- Son muy empleados en nuestro medio, **siendo muy difícil en la práctica verificar su performance**, si no es por el comportamiento en años
- Sirven para brindarle **mayor impermeabilidad** a ciertos hormigones, como en el caso de cimientos, piletas, tanques de agua, reservorios, etc.
- Deben leerse las especificaciones ya que en algunos casos sólo pueden ser incorporados en planta, en otros casos reducen la resistencia, tienen cloruros, etc.
- Hay que recalcar que **poco sirve incorporar un aditivo hidrófugo** a un hormigón de media a alta porosidad, como **hormigones H-13 (H-15) y H-17 (H-20)**
- Respecto a su dosificación, depende de las indicaciones del fabricante y es complejo mediante ensayos determinar una dosis óptima, ya que los ensayos para medir su efecto generalmente no se disponen en laboratorio



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

7) ADITIVOS HIDRÓFUGOS

- Técnicamente, y tal cual lo especifica el Reglamento, es **más viable especificar categorías resistentes más elevadas (menor a/c)**, al menos **H-30**, presentando la ventaja que **este aspecto sí puede controlarse** y **existe un responsable** visible a corto plazo
- Deben **evaluarse económicamente** las conveniencias, ya que por ejemplo para un H-20 el incorporar un hidrófugo puede incrementar su costo en un 30 a 40%; mientras que solicitar un H-35 es sólo un 15% más costoso
- El empleo de **aire incorporado como hidrófugo** sería válido **si el mismo se controla en obra**, y generalmente, salvo en obras de envergadura, no se poseen los equipos para su verificación
- **Existen hidrófugos líquidos que pueden reducir en más de un 20% la resistencia**



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

8) FIBRAS PLÁSTICAS O SINTÉTICAS

- Si bien las fichas técnicas de las fibras de polipropileno especifican que:

- 1) Reducen la fisuración del hormigón fresco
- 2) Disminuyen la permeabilidad del hormigón
- 3) Incrementan la resistencia al impacto y abrasión
- 4) Aportan en la resistencia a la fractura



la primera, fundamentalmente la **contracción plástica**, es la más relevante

- Se emplean cuando se hormigonan **pavimentos y pisos industriales al aire libre** y/o en **condiciones de tiempo caluroso**

- Las fibras de polipropileno pueden ser **incorporadas en planta o en obra**, aunque es recomendable lo primero; debiendo especificar que el **largo de la fibra** sea igual o mayor que el tamaño máximo del agregado

- Casi no existe modificación de la fórmula del hormigón al colocarles estas fibras, sólo bajando el asentamiento de 1 a 3 cm a igual cantidad de agua

- Respecto a su dosificación, depende de las indicaciones del fabricante y es complejo mediante ensayos determinar una dosis óptima (lo cual sí es indispensable para aditivos), recomendando dosis de 600 a 1000 g/m³

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

9) FIBRAS DE ACERO

- **Fibras de acero:** para ciertas aplicaciones, tales como estructuras sometidas al desgaste o abrasión extrema, para hormigón proyectado u otras especificaciones del proyecto, puede solicitarse al proveedor hormigón reforzado con fibras de acero. Su necesidad siempre debe estar avalada por el ingeniero o proyectista de la estructura. Las dosificaciones típicas son de 20 a 80 kg de fibras metálicas por m³ de hormigón



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

5- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos

10) ADITIVOS PARA HORMIGONES COLOREADOS

➤ **Aditivos para hormigones coloreados:** aunque su uso no está muy difundido en el país, el hormigón elaborado también presenta la versatilidad de poder proveer hormigones de diferentes colores. Debe consultarse si existen experiencias locales y la disponibilidad en el proveedor de hormigón; teniendo en cuenta que ciertos aspectos en obra, como los encofrados, también influirán de manera determinante en el resultado final.

Para su dosificación conviene realizar pruebas y al mismo pastón añadirle dosis del 0,5%, 1%, 2%, 3% del peso del cemento e ir moldeando probetas después de cada dosis, para tener un espectro de colores



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Contenido	
	● Introducción y preguntas frecuentes
	● Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
	● Método iterativo de dosificación de hormigones
	● Ejemplos de elección de consistencia y TMN
	● Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
	● Pasos del método de dosificación racional
	● Correcciones y ajustes en pastones
	● Correcciones y Ajustes en obra

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

A	Definición de la obra, elemento estructural y criterios aplicables	1	Requisitos por Durabilidad: Condiciones de exposición	
		2	Requisitos por Resistencia: Cálculo estructural	
		3	Geometría, armado y accesibilidad del elemento estructural	
		4	Condiciones de elaboración y puesta en obra	
		5	Conocimiento de normas, pliegos y reglamentos aplicables	
B	Dosificación racional Propuesta Método ACI 211 (modificado con disposiciones CIRSOC 201-05)	0	Características físicas de materiales (ensayos de laboratorio)	
		1	Elección de la consistencia	
		2	Definición del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	
		3	a	Utilización o no de aditivos
			b	Estimación del requerimiento total de agua
		4	a	Durabilidad: Condición de exposición del elemento estructural
			b	Resistencia requerida por cálculo
		5	Determinación del contenido unitario de cemento	
		6	Estimación de la cantidad total de agregado grueso	
		7	a	Cálculo de la cantidad de agregado fino por diferencia
b	Cálculo de las proporciones de todos los componentes			
c	Verificación del requisito de cohesividad de la mezcla			
8	Correcciones por estado de humedad de los agregados			
C	Evaluación y Ajustes de pastones	1	Ensayos de laboratorio y análisis de resultados	
		2	Ajustes de la dosificación y volver al punto B (iteración)	
		3	Interpolación de valores mediante análisis crítico de resultados	
D	Aceptación de la dosificación - Correcciones en obra	1	Aprobación de la dosificación a emplear en obra	
		2	Correcciones en obra por estado superficial de agregados	
		3	Ajustes por valores medidos y por observaciones de obra	
E	Control de calidad en obra - Ajuste de valores adoptados	1	Evaluación periódica de las propiedades (fresco y endurecido)	
		2	Ajustes de las proporciones (criterio técnico-económico)	
		3	Valores de desviación estándar (condiciones de elaboración)	



TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

0 Características físicas de los materiales constituyentes

- **Agregados**
 - Curva granulométrica del agregado fino (Módulo finura y pasa # 50)
 - Curva granulométrica de las fracciones de agregado grueso
 - Densidad relativa y absorción de agregados finos empleados
 - Densidad relativa y absorción de agregados gruesos empleados
 - Peso unitario compactado (PUC) del agregado grueso mezcla
 - Contenido de humedad total de cada fracción de agregado
- **Cemento (y eventualmente adiciones u otros aglomerantes)**
 - Tipo de cemento y eventualmente si posee propiedades especiales
 - Peso específico del cemento (Referencia: CPN 3,15 kg/m³ y CPP 2,95 kg/m³)
- **Aditivos**
 - Tipo de aditivo, funciones y posibles contraindicaciones o incompatibilidades
 - Dosis recomendadas por los fabricantes y por la experiencia
 - Reducción de agua estimada para las dosis recomendadas
 - Densidad de cada aditivo empleado (Ver Ficha técnica del aditivo)

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

0 Características físicas de los materiales

Agregado fino
 Tipo: Arena natural
 Densidad - Dap sss = 2,58
 Absorción - A = 1,6%
 % Finos p # 50 = 26%
 Módulo de finura = 3,15
 Humedad total = 5,8%

Agregado grueso
 Tipo: Rodado de río
 Densidad - Dap sss = 2,62
 Absorción - A = 1,1%
 % Finos p # 50 = 0,6%
 PUC = 1560 kg/m³
 Humedad total = 0,7%

Cemento
 Tipo Cemento CPP 40
 Densidad = 2,95 kg/dm³

Aditivos
 Tipo: Reductor de agua
 RA % estimada = 8%
 (al 0,5% del peso cemento)
 Densidad = 1,18 kg/dm³

Ejemplo

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

1 Elección de la consistencia (asentamiento)

2 Definición del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

- Ya se brindaron una cantidad considerable de ejemplos anteriormente
- La Tabla siguiente es sólo una guía si no se dispone de datos precisos para realizar la determinación según las pautas ya estudiadas

Consistencias y TMN recomendados para diferentes estructuras
 (también deben estudiarse las condiciones articulares como disposiciones de armado, medios de colocación, transporte y vibración, etc.)

Tipo de construcción	Consistencia medida (asentamiento del cono)		Tamaño máximo del agregado estimado (mm)
	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	
Muros armados de fundaciones	12	6	25 - 38
Fundaciones y muros de H° simple	12	6	38 - 51
Losas y vigas	15	8	13 - 19 - 25
Columnas y tabiques de edificios	18	10	13 - 19 - 25
Hormigón colocado por bombeo	20	8 - 10	13 - 19
Pisos industriales	12	8	25 - 38
Pavimentos	8	5	38 - 51

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

1 Elección de la consistencia (asentamiento)

2 Definición del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

- Ya se brindaron una cantidad considerable de ejemplos anteriormente
- La Tabla siguiente es sólo una guía si no se dispone de datos precisos para realizar la determinación según las pautas ya estudiadas

Consistencias y TMN recomendados para diferentes estructuras
 (también deben estudiarse las condiciones articulares como disposiciones de armado, medios de colocación, transporte y vibración, etc.)

Ejemplo

Tabiques vistos exteriores colados por bombeo
 Asentamiento llegada a obra - 7 cm
 Asentamiento descarga - 15 cm (superfluidificante)
 TMN agregado 19 mm

Tipo de construcción	Consistencia medida (asentamiento del cono)		Tamaño máximo del agregado estimado (mm)
	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	
Muros armados de fundaciones	12	6	25 - 38
Fundaciones y muros de H° simple	12	6	38 - 51
Losas y vigas	15	8	13 - 19 - 25
Columnas y tabiques de edificios	18	10	13 - 19 - 25
Hormigón colocado por bombeo	20	8 - 10	13 - 19
Pisos industriales	12	8	25 - 38
Pavimentos	8	5	38 - 51

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

3 Estimación demanda de agua, contenido aire y uso de aditivos

3.a. Utilización o no de aditivos

La consistencia y el TMN deben ser definidos en función de una gran cantidad de parámetros, tal cual fue ejemplificado anteriormente

También, influye si se emplea o no aire incorporado y su contenido es especificado por CIRSOC 201-05 que figura al pie de la Tabla según el ambiente de exposición en climas fríos C1 (sin sales descongelantes) o C2 (con sales)

Actualmente se emplean masivamente aditivos reductores de agua incorporados en planta, por lo que para su empleo, deberá conocerse mediante experiencias previas o, solo en un primer tanteo, las especificaciones del fabricante, cual es la reducción en % de agua, para cierta dosis de aditivo

3.b. Estimación del requerimiento de agua

El ACI 211 provee la Tabla siguiente relacionando el TMN del agregado y el asentamiento deseado para determinar la cantidad de agua de mezclado. La Tabla mencionada también estima el contenido de aire incorporado en el hormigón que será empleado al final del proceso del método racional

Al emplear aditivos reductores de agua (fluidificantes o superfluidificantes) se deberá reducir este requerimiento de agua en el % fijado de reducción de agua en el punto anterior para cierta dosis de aditivo incorporado en planta

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos ALUZ

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

3 Estimación demanda de agua, contenido aire y uso de aditivos

Consistencia y asentamiento proyectado	Demanda de agua estimada (litros / m ³) según TMN							
	9 mm 3/8"	13 mm 1/2"	19 mm 3/4"	25 mm 1"	38 mm 1 1/2"	51 mm 2"	76 mm 3"	
Seca 2 a 5 cm	208	199	187	178	163	154	130	
Plástica 6 a 10 cm	228	216	202	193	178	169	145	
Muy plástica y fluida > 10 cm	Empleo de demandas de agua anteriores + Aditivo supefluidificante							
Empleo de aditivos que reduzcan agua de mezclado (recomendable)								
Multiplicar la demada de agua x (100% - RA%), siendo RA% la reducción de agua estimada al emplear el aditivo								
Estos valores deben ser corroborados por un pastón elaborado en las mismas condiciones, sin aditivo; presentando a continuación sólo una guía de reducciones de agua estimadas como primer tanteo (RA%)								
Aditivo incorporador de aire	6 a 10%	Reductor de agua de medio rango					8 a 12%	
Reductor de agua de bajo rango	4 a 8%	Reductor de agua de alto rango (superplastificante)					12 a 15%	
Retardador / Acelerante en planta		Reductor de agua muy alto rango (hiperplastificante)					15 a 25%	
Condición del hormigón	Estimación contenido de aire en hormigón fresco según TMN							
	9 mm	13 mm	19 mm	25 mm	38 mm	51 mm	76 mm	
Estimación de aire naturalmente incorporado en el hormigón	2,5%	2,0%	1,5%	1,0%	0,8%	0,5%	0,3%	
Los contenidos son sólo una guía para el primer tanteo de dosificación								
Al emplear aditivos reductores de agua Puede incorporarse naturalmente un 0,5 a 1,5% de aire adicional								
En caso de emplear aire intencionalmente incorporado (CIRSOC)	Exposición C1 (sin sales)	6,0%	5,5%	5,0%	4,5%	4,5%	4,0%	3,0%
	Exposición C2 (con sales)	7,5%	7,0%	6,0%	6,0%	5,5%	5,0%	4,0%
Para hormigones con aire incorporado, los conenidos de aire son exigibles (tolerancia ± 1,5%)								

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos ALUZ

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

3 Estimación demanda de agua, contenido

Consistencia y asentamiento proyectado		Demanda de agua es						
		9 mm 3/8"	13 mm 1/2"	19 mm 3/4"				
Seca	2 a 5 cm	208	199	187				
Plástica	6 a 10 cm	228	216	202				
Muy plástica y fluida > 10 cm		Empleo de demandas de agua						
Empleo de aditivos que reduzcan agua de mezcla								
Multiplicar la demanda de agua x (100% - RA%), siendo RA% la reducción								
Estos valores deben ser corroborados por un pastón elaborado en las mismas condiciones de uso. En la continuación sólo una guía de reducciones de agua estimadas								
Aditivo incorporador de aire		6 a 10%	Reductor de agua de bajo rango					
Reductor de agua de bajo rango		4 a 8%	Reductor de agua de alto rango (superplastificante)					
Retardador / Acelerante en planta			Reductor de agua muy alto rango (hiperplastificante)					
			8 a 12%	12 a 15%				
			15 a 25%					
Condición del hormigón		Estimación contenido de aire en hormigón fresco según TMN						
		9 mm	13 mm	19 mm	25 mm	38 mm	51 mm	76 mm
Estimación de aire naturalmente incorporado en el hormigón		2,5%	2,0%	1,5%	1,0%	0,8%	0,5%	0,3%
		Los contenidos son sólo una guía para el primer tanteo de dosificación						
Al emplear aditivos reductores de agua		Puede incorporarse naturalmente un 0,5 a 1,5% de aire adicional						
En caso de emplear aire intencionalmente incorporado (CIRSOC)		Exposición C1 (sin sales)	6,0%	5,5%	5,0%	4,5%		
		Exposición C2 (con sales)	7,5%	7,0%	6,0%	6,0%		
		Para hormigones con aire incorporado, los contenidos de aire						

Edificio en clima tropical (sin necesidad de aire)
 Empleo RDA bajo rango
 Estima demanda de agua
 $202 \times (100\% - 8\%) =$
 $\text{Agua} = 186 \text{ l/m}^3$
 $\text{Aire estimado} = 1,5\%$

Ejemplo

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4 Criterios por resistencia y durabilidad

4.a. Criterios de diseño por Durabilidad

Tal cual se ha presentado, el CIRSOC 201-05 **prioriza el diseño por durabilidad**, por ello en primer lugar debe considerarse el **ambiente de exposición de la obra en condiciones de servicio**.

En las Tabla siguientes figuran las **relaciones agua / cemento máxima y resistencias mínimas** para tipos de estructuras y condiciones de exposición, fijando el requisito por durabilidad según el CIRSOC 201-05.

En algunos casos, bastará sólo con conocer las condiciones climáticas históricas del lugar de emplazamiento de la obra, mientras que en otros casos deberán realizarse ensayos para caracterizar suelos (sulfatos por ejemplo) o sustancias en contacto con el hormigón (ácido, por ej.)

En función del ambiente de exposición del elemento estructural en estudio, se determina y registra:

- **Relación agua / cemento (a/c) máxima por durabilidad**
- **Resistencia especificada mínima f'c por diseño por durabilidad**
- **No es determinante para dosificar, pero se registra recubrimiento mínimo**

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4

Criterios por resistencia y durabilidad

Tablas de ambientes de exposición (CIRSOC 201:05)

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de edificios no sometidos a condensaciones. Elementos exteriores de edificios, revestidos. Hormigón masivo interior. Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de edificios protegidos de la intemperie. Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de edificios expuestos al aire con HR > 65 % o a condensaciones. Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Sótanos no ventilados. Fundaciones. Tableros y placas de puentes. Elementos de hormigón en cubiertas de edificios. Exteriores de edificios. Interiores de edificios con humedad del aire alta o media. Pavimentos. Losas para estacionamientos.
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual > 1.000 mm. Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año > 25° C. 	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de edificios con humedad del aire alta o media. Pavimentos. Losas para estacionamientos.
C L	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> Superficies de hormigón expuestas al rocío o la fluctuación del nivel de agua con cloruros. Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desechos industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> Pistas de natación sin revestir. Fundaciones en contacto con aguas subterráneas. Sistemas en plantas potabilizadoras. Elementos de puentes.
M 1	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales. 	<ul style="list-style-type: none"> Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*).
M 2		Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales. 	<ul style="list-style-type: none"> Construcciones próximas a la costa.
M 3		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas. En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar. 	<ul style="list-style-type: none"> Estructuras de defensas costeras. Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar. Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios.

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4

Criterios por resistencia y durabilidad

Tablas de ambientes de exposición (CIRSOC 201:05)

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición
C 1	Congelación y deshielo	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 % y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5° C.	<ul style="list-style-type: none"> Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. Estructuras que contienen agua o la conducen.
C 2		Con sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatonales en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0° C.	<ul style="list-style-type: none"> Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. Superficies verticales expuestas a la acción directa del rocío con agua que contiene sales descongelantes. Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios.
Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4). 	
Q 2		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4). Exposición al agua de mar. 	
Q 3		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4). 	

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4 Criterios por resistencia y durabilidad

Tablas de ambientes de exposición (CIRSOC 201:05)

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.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽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	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{c \text{ min}}$ (MPa)										
Hormigón simple	----	----	----	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

(1) Cuando se use cemento pórtland 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 pórtland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.
 (2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3.
 (3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4 Criterios por resistencia y durabilidad

Tablas de ambientes de exposición (CIRSOC 201:05)

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.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	----	----	----	0,45	0,45					
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40					
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40					
b) $f'_{c \text{ min}}$ (MPa)										
Hormigón simple	----	----	----	30	35					
Hormigón armado	20	25	30	35	40					
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45					
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si					

(1) Cuando se use cemento pórtland 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 pórtland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.
 (2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3.
 (3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

Ambiente tropical (dato)
 Exposición = A3
 Resistencia mínima
 $f'_{c \text{ min}} = H-30$
 Relación a/c mínima
 $a/c \text{ min} = 0,50$
 Rec. mín = 40 a 45 mm

Ejemplo

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto



Criterios por resistencia y durabilidad

4.b. Resistencia por cálculo estructural y edad de diseño

El proyecto estructural o el cliente, debe aportar la categoría resistente necesaria para la estructura cuyo hormigón debe dosificarse

La resistencia especificada o característica, salvo pocas excepciones, deberá adaptarse en el formato:

- Según CIRSOC 201:82 – H-8 H-13 H-17 H-21 H-30 H-38 H-47
- Según CIRSOC 201:05 – H-15 H-20 H-25 H-30 H-35 H-40 H-45 H-50 H-60

Asimismo, y aunque no es práctica común en la actualidad, los hormigones pueden diseñarse a edades diferentes a 28 días, bien sea para habilitar rápido una estructura (ej. H-21 a 3 días) o aprovechar la ganancia de resistencias con el tiempo (ej. H-25 a 90 días)

En caso de diseño a edades menores a 28 días, la resistencia mínima obtenida por durabilidad no es considerada en general (salvo habilitación muy temprana a ambientes agresivos como ácidos o químicos), pero sí la relación agua / cemento máxima impuesta por durabilidad

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto



Criterios por resistencia y durabilidad

4.c. Determinación de la resistencia media de dosificación

Cabe destacar que los métodos de dosificación determinan las proporciones deseadas para una resistencia media del hormigón y el control se realiza con la resistencia especificada

En primer lugar, se elige la resistencia especificada máxima de las dos requeridas por resistencia y durabilidad (condición más desfavorable)

Se deberá estimar o conocer la desviación estándar (s) teniendo en cuenta la dispersión esperada según el método de producción

Para determinar la resistencia media (f'_{cm}) debe conocerse si la planta elaboradora cumple con los requisitos establecidos para calificar en Modo 1, sino se emplearán las fórmulas dadas para el Modo 2. Se debe escoger el mayor valor que arrojen las dos ecuaciones:

- Para MODO 1 - $f'_{cm} = f'_{c} + 1,34 s$ y $f'_{cm} = f'_{c} + 2,33 s - 3,5$

- Para MODO 2 - $f'_{cm} = (f'_{c} + 5) + 1,34 s$ y $f'_{cm} = f'_{c} + 2,33 s$

Con esta resistencia media se ingresa al Ábaco se determina la relación agua / cemento requerida para la resistencia media a la edad de diseño

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4 Criterios por resistencia y durabilidad

4.c. Determinación de la resistencia media

Ecuaciones para plantas en MODO 1

1^{era} Ecuación - $f'_{cm} = f'_{c} + 1,34 s$
 $30 \text{ MPa} + 1,34 \cdot 3,0 \text{ MPa} = 34,0 \text{ MPa}$

2^{da} Ecuación - $f'_{cm} = f'_{c} + 2,33 s - 3,5$
 $30 \text{ MPa} + 2,33 \cdot 3,0 \text{ MPa} - 3,5 \text{ MPa} = 33,5 \text{ MPa}$

Se elige el mayor de los dos valores (34 MPa)

Con el valor anterior se estimará la relación a/c requerida por criterios de resistencia, verificando si se emplea o no incorporador de aire

La relación a/c por criterios de durabilidad, en función del ambiente de exposición, ya fueron definidos anteriormente

Planta Modo 1

Desviación estándar estimada = 3,5 MPa

No se emplea aditivo Incorporador de aire

Resistencia media $f'_{cm} = 34 \text{ MPa}$

Curva de Gauss

Ejemplo

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4 Criterios por resistencia y durabilidad

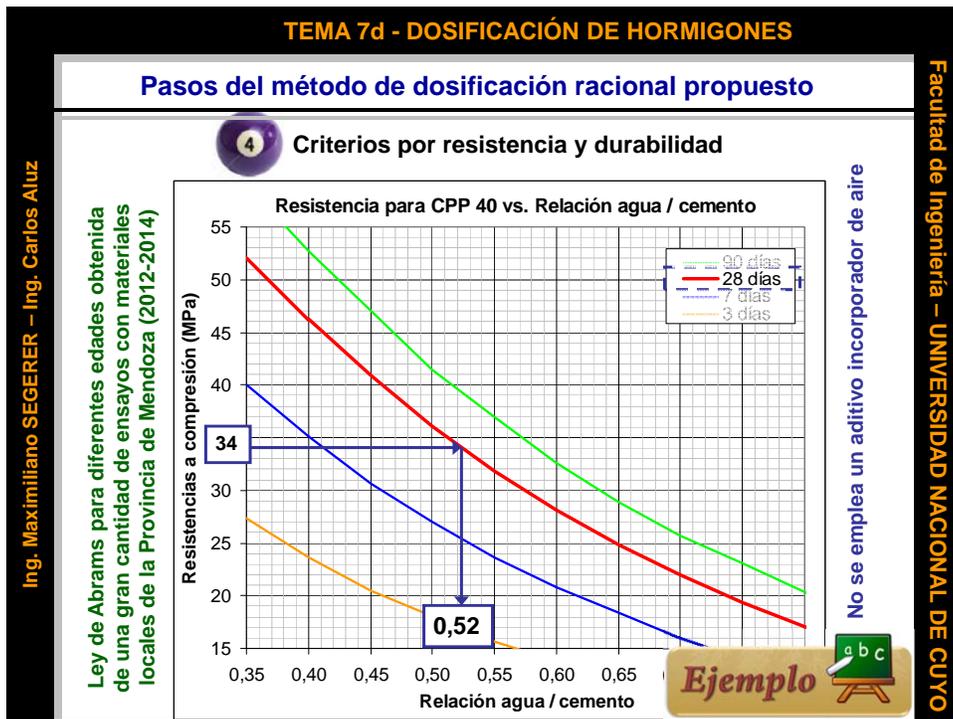
Ley de Abrams para diferentes edades obtenida de una gran cantidad de ensayos con materiales locales de la Provincia de Mendoza (2012-2014)

Resistencia para CPP 40 vs. Relación agua / cemento

Si se emplea un **aditivo incorporador de aire**, se aconseja sobre-estimar la resistencia media entre un 12 - 16% para emplear el mismo ábaco y obtener la relación a/c

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

4 Criterios por resistencia y durabilidad

4.d. Relación agua / cemento de diseño o de dosificación

Se deberá elegir la **relación agua / cemento mínima de las 2 requeridas por resistencia y durabilidad (condición más desfavorable)**. En algunos Pliegos puede figurar también una relación a / c restrictiva.

Para ello, se deben **comparar las relaciones agua / cemento obtenidas por diseño por durabilidad y la obtenida según el Ábaco**:

- En el caso que la relación a / c obtenida por diseño por durabilidad sea superior o igual a la relación agua / cemento obtenida del Ábaco, se empleará esta última (criterio por resistencia)
- En el caso que la relación agua / cemento obtenida por diseño por durabilidad sea inferior a la relación agua / cemento obtenida del Ábaco, se empleará la primera debiendo obtener una nueva resistencia media de diseño con el Ábaco, que al ser de menor relación agua / cemento, será una resistencia media de dosificación mayor

Relación a/c por criterio de resistencia = 0,52

Relación a/c por criterio de durabilidad = 0,50

Nueva resistencia media de dosificación (al ser a/c por durabilidad) = 36 MPa

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

5 **Determinación del contenido unitario de cemento**

- Con la **relación agua / cemento máxima del Paso 4** y la **demanda de agua del Paso 3**, se calcula el **contenido unitario de cemento (CUC)**
- Luego **se verifica que cumpla con los requisitos de contenido mínimo:**
 - a) Si el CUC calculado es mayor o igual al CMC, se usa el CUC calculado
 - b) Si el CUC calculado es menor al CMC, se emplea el CMC. Además, se debe recalcular una nueva relación agua / cemento (menor a la original)

Tabla de CONTENIDOS MÍNIMOS DE CEMENTO - CMC (CIRSOC 201:05)

Tipo de hormigón	CMC
Hormigón Armado (protección armaduras)	280 kg/m ³
Hormigón masivo armado (no agresivo y recubrimiento > 10 cm)	200 kg/m ³
Estructuras en ambiente exposición Q3 (sin protección externa)	380 kg/m ³
Especificaciones de Pliegos particulares (Estudiar fundamentos)	Consultar

CIRSOC 201:05 – Artículo 5.1.5. El hormigón debe contener la cantidad de cemento que resulte necesaria para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad

CIRSOC 201:82 – Artículo 6.6.3.3. Si la composición del hormigón se establece en forma experimental, de acuerdo con ensayos y estudios previos, el contenido de cemento debe ser mayor a 280 kg/m³ para hormigón armado y 100 kg/m³ para hormigón simple

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

5 **Determinación del contenido unitario de cemento**

- Con la **relación agua / cemento máxima del Paso 4** y la **demanda de agua del Paso 3**, se calcula el **contenido unitario de cemento (CUC)**
- Luego **se verifica que cumpla con los requisitos de contenido mínimo:**
 - a) Si el CUC calculado es mayor o igual al CMC, se usa el CUC calculado
 - b) Si el CUC calculado es menor al CMC, se emplea el CMC. Además, se debe recalcular una nueva relación agua / cemento (menor a la original)

Tabla de CONTENIDOS MÍNIMOS DE CEMENTO - CMC (CIRSOC 201:05)

Tipo de hormigón	CMC
Hormigón Armado (protección armaduras)	280 kg/m ³
Hormigón masivo armado (no agresivo y recubrimiento > 10 cm)	200 kg/m ³
Estructuras en ambiente exposición Q3 (sin protección externa)	380 kg/m ³
Especificaciones de Pliegos particulares (Estudiar fundamentos)	Consultar

CIRSOC 201:05 – Artículo 5.1.5. El hormigón debe contener la cantidad de cemento que resulte necesaria para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad

CIRSOC 201:82 – Artículo 6.6.3.3. Si la composición del hormigón se establece en forma experimental, de acuerdo con ensayos y estudios previos, el contenido de cemento debe ser mayor a 280 kg/m³ para hormigón armado y 100 kg/m³ para hormigón simple

Agua / CUC = 0,50
 CUC = 186 l/m³ / 0,50
 CUC = 372 kg/m³

Verifica contenidos mínimos (H°A° 280 kg/m³)

Aditivo RA = 0,5% Cem
 Aditivo = 1,9 kg/m³

Ejemplo

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

6 Determinación del contenido de agregado grueso

La selección de la cantidad del agregado grueso es basada empíricamente en una óptima trabajabilidad de la mezcla, sin tener un contenido de agregado fino excesivo que aumente la demanda de agua

El Comité ACI 211 recomienda el **porcentaje por unidad de volumen del agregado grueso basado en el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza del agregado fino**

Con el Ábaco se estima la **cantidad b / b_0 (cantidad de agregado grueso / cantidad de agregado total)** que indica la proporción óptima de agregado grueso respecto al agregado total

Se obtiene la cantidad de agregado en estado SSS de la dosificación **multiplicando este porcentaje (b/b_0) por el PUC del agregado grueso**

Para el caso de TMN de 25 mm o superiores, **cuando se emplean dos o más fracciones de agregado grueso**, el método brinda la cantidad total. Las cantidades parciales de cada fracción serán determinadas en base a la experiencia y con la posible ayuda de curvas mezcla. Su suma deberá dar como primera aproximación la cantidad estimada por el Método ACI

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

6 Determinación del contenido de agregado grueso

Factor b/b_0 de participación del agregado grueso

Ábaco para la estimación del contenido de Agregado grueso (Extraído del Método ACI 211)

Módulo de fineza del agregado fino	Polinómica (76 mm (3"))	Polinómica (51 mm (2"))	Polinómica (38 mm (1 1/2"))	Polinómica (25 mm (1"))	Polinómica (19 mm (3/4"))	Polinómica (13 mm (1/2"))	Polinómica (9 mm (3/8"))
2,00	0,82	0,78	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58
2,20	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56
2,40	0,78	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54
2,60	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52
2,80	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54	0,50
3,00	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48
3,20	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54	0,50	0,46
3,40	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

6 Determinación del contenido de agregado fino

Factor b/b_0 de participación del agregado fino

Módulo de finura del agregado fino

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Datos

Módulo finura = 3,15
 TMN = 19 mm (3/4")
 PUC = 1560 kg/m³
 Coeficiente $b/b_0 = 0,57$
 Cont. AG - PUC x b/b_0
 $1560 \times 0,57 = 890 \text{ kg/m}^3$

Ejemplo para la estimación del contenido de agregado grueso (Extraído del Método ACI 211)

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

7 Cálculo de las proporciones definitivas

7.a. Cálculo del contenido de agregado fino

La determinación de la cantidad de agregado fino se realiza por **diferencia de volúmenes absolutos** de los otros componentes, a 1 m³ de mezcla proyectada

Se calculan los volúmenes de cada uno de los componentes como el cociente entre su peso (estimado por este método de dosificación) y su densidad aparente en estado saturado y superficie seca para el caso de los agregados; y como el cociente entre su peso y su peso específico real para el caso del agua, cemento y aditivos

Así se determina los volúmenes sólidos de agregado grueso, cemento y agua, mientras que el volumen del aire de la mezcla (natural o intencionalmente incorporado) fue estimado en porcentaje cuando se determinó el contenido de agua, por lo que se calcula el volumen que ocupará en la mezcla en base a este porcentaje

Se suman los volúmenes y la diferencia a la unidad de medida (1,000 m³) será el volumen de agregado fino el cual multiplicado por su densidad aparente en estado sss es **el peso de agregado fino por m³**

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

7 Cálculo de las proporciones definitivas. *Ejemplo*

7.a. Cálculo del contenido de agregado fino

Materiales constituyentes	Cantidad (kg)	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Agua	186	1000	0,186
Cemento	372	2950	0,126
Agregado grueso	890	2620	0,340
Aditivo	1,9	1180	0,002
Aire (natural)	1,5%	-	0,015
Volumen total en m³ sin el agregado fino			0,669

Volumen a ocupar por el agregado fino (m³)		1,000 - 0,669	
Materiales constituyentes	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Cantidad (kg)
Agregado fino	0,331	2580	855

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

7 Cálculo de las proporciones definitivas

7.b. Verificación de la cohesividad y contenido de finos mínimo

La verificación consiste en sumar el contenido de cemento, eventualmente adiciones, la proporción del agregado fino pasante tamiz #50 (multiplicar el % que pasa #50 por la cantidad de agregado fino) y la proporción del agregado grueso pasante tamiz #50; expresando las proporciones en kg/m³. Se compara el valor obtenido anteriormente con los mínimos fijados:

- Si es mayor el contenido de finos que el mínimo de la tabla → Verifica
- Si no cumple con el requisito → Se debe ajustar. Consiste en volver al paso anterior bajando levemente el agregado grueso (ej. 50 kg/m³) y aumentar el contenido de agregado fino, hasta verificar el cumplimiento. Si se tienen dos arenas, puede subirse la proporción de arena fina en el agregado fino total

Tabla de CONTENIDOS MÍNIMOS DE FINOS POR COHESIVIDAD (CIRSOC 201:05)

Verificación de cohesividad de la mezcla fresca	Contenido de material pasante tamiz 300 μm (# 50)						
	9 mm 3/8"	13 mm 1/2"	19 mm 3/4"	25 mm 1"	38 mm 1 1/2"	51 mm 2"	76 mm 3"
Material fino mínimo por cohesividad (kg/m ³)	520	480	440	410	380	350	330

No aplicable para H-20 e inferiores, siempre que no sean bombeados y que no estén en contacto con ambientes agresivos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

7 Cálculo de las proporciones definitivas. *Ejemplo*

7.b. Verificación de la cohesividad y contenido de finos mínimo

Materiales constituyentes	Cantidad (kg/m ³)	% Finos pasa # 50	Contenido finos (kg/m ³)
Agua	186	- -	- -
Cemento	372	100%	372
Agregado grueso	890	0,6%	5
Agregado fino	855	26%	222
Contenido de finos de la mezcla fresca			599

Tabla de CONTENIDOS MÍNIMOS DE FINOS POR COHESIVIDAD (CIRSOC 201:05)

Verificación de cohesividad de la mezcla fresca	Contenido de material pasante tamiz 300 μm (# 50)						
	9 mm 3/8"	13 mm 1/2"	19 mm 3/4"	25 mm 1"	38 mm 1 1/2"	51 mm 2"	76 mm 3"
Material fino mínimo por cohesividad (kg/m ³)	520	480	440	410	380	350	330

No aplicable para H-20 e inferiores, siempre que no sean bombeados y que no estén en contacto con ambientes agresivos

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

7 Cálculo de las proporciones definitivas

7.c. Cálculo de las proporciones de todos los materiales constituyentes

En esta etapa, se tienen todas las **proporciones en peso** de los materiales constituyentes del hormigón para un estado de agregados saturados y de superficie seca, es decir, que no aportan ni absorben agua a la mezcla

Por practicidad y con **respecto a la dosificación de los aditivos**:

- Si la dosificación se realiza por peso, no se realiza ninguna corrección
- Si la dosificación se realiza por volumen, se divide la cantidad determinada en kg/m³ por la densidad del aditivo, obteniendo el aditivo en litros/m³

Para el caso del **agua de mezclado**, es indistinto en la práctica emplear unidades de peso (kg/m³) o de volumen (litros/m³)

Se puede realizar una verificación, que consiste en sumar todas las proporciones en peso de los materiales constituyentes en kg/m³ y obtener la densidad del hormigón fresco, **aplicable para los materiales normalmente empleados en la Provincia de Mendoza**, pudiendo constatar:

- Hormigones sin aire incorporado - PUV aprox. **2320 kg/m³ ± 50 kg/m³**
- Hormigones con aire incorporado - PUV aprox. **2260 kg/m³ ± 50 kg/m³**

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

7 Cálculo de las proporciones definitivas. *Ejemplo*

7.c. Cálculo de las proporciones de todos los materiales constituyentes

Tipo de hormigón: H-30 / A3 - TMN 6/20

Materiales constituyentes	Tipo	Unidades	Cantidades
Agua total	--	litros/m ³	186
Cemento	CPP 40	kg/m ³	372
Agregado grueso (estado SSS)	Rodado 6/20	kg/m ³	890
Agregado fino (estado SSS)	Arena natural	kg/m ³	855
Aditivo	Reductor agua	litros/m ³	1,6
Relación agua / cemento de diseño		--	0,50
Peso Unitario Estimado		kg/m ³	2305
Asentamiento de diseño		cm	7,0
Asentamiento obra (c/ superfluidificante en obra)		cm	15,0

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

8 Correcciones por humedad de los agregados

Quando los agregados no se encuentran en estado saturado y de superficie seca, lo que ocurre siempre en la práctica, **debe considerarse el aporte de agua que los mismos provocarán en la mezcla.**

Con los datos de absorción y humedad total de los agregados, se puede calcular, en proporción a su peso y mediante secado a estufa, el agua que aportan los agregados, denominada **humedad superficial**

Con la humedad superficial de los agregados se corregirá el peso de los agregados a introducir y se puede calcular la cantidad de agua aportada por los agregados. Este valor será sustraído a la cantidad de agua a incorporar en la mezcla

Contenido de Humedad	$H\% = \frac{M_n - M_s}{M_s} \times 100$
-----------------------------	--



Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

8 Correcciones por humedad de los agregados

Pueden establecerse las siguientes relaciones:

Humedad Total H % = Humedad Superficial H_{sup} % + Absorción A %

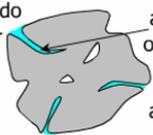
Conociendo por ensayos la Humedad Total y la Absorción y si el material presenta una humedad en estado natural superior al estado de saturación:

Humedad Superficial H_{sup} % = Humedad Total H % - Absorción A %



Estado Seco





Saturado y superficie seca





Saturado y mojado



**Estado S.S.S.
H% = A%**

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

8 Correcciones por humedad de los agregados

8.a. Determinación de la humedad superficial de agregados

- Humedad Total (H%) → Secado a masa constante (ensayo de rutina)
- Absorción (A%) → Valor obtenido de ensayos de laboratorio
- Humedad Superficial (H_{sup}%) → Se calcula por diferencia de anteriores

8.b. Determinación de cantidad real de agregados en estado húmedo

- PAF_{sss} y PAG_{sss} → Proporciones de dosificación del Paso 7.c
- PAF_{húm} y PAG_{húm} → Cantidades reales a introducir en la mezcla

PAF_{húm} = PAF_{sss} x (1 + H_{sup}%AF) y PAG_{húm} = PAG_{sss} x (1 + H_{sup}%AG)

8.c. Determinación de cantidad real de agua a introducir en la mezcla

- Demanda de agua dosificación → Cantidad de dosificación del Paso 7.b.

Agua aportada AF y AG = (PAF_{húm} - PAF_{sss}) + (PAG_{húm} - PAG_{sss})

Agua neta = Demanda agua dosificación - Agua aportada AF y AG

Si la Humedad Total es inferior a la absorción, la ecuación brinda un valor negativo, ya que demanda más agua para llevarlo al estado SSS

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Pasos del método de dosificación racional propuesto

8 Correcciones por humedad de los agre *Ejemplo*

Fraciones de agregados	Cantidad SSS (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad total (%)	Humedad Superficial	Corrección (kg/m ³)
Arena	890	1,6%	5,8%	+ 4,2%	+ 37
Rodado 6/20	855	1,1%	0,7%	- 0,4%	- 3
Sumatoria de corrección por humedad					+ 34

Tipo de hormigón: H-30 / A3 - TMN 6/20

Materiales constituyentes	Tipo	Unidades	Cantidades
Agua corregida (por humedad real de agregados)	--	litros/m ³	152 (186 - 34 l/m ³)
Cemento	CPP 40	kg/m ³	372
Agregado grueso (para contenido de humedad 0,7%)	Rodado 6/20	kg/m ³	887 (890 - 3 kg/m ³)
Agregado fino (para contenido de humedad 5,8%)	Arena natural	kg/m ³	892 (855 + 37 kg/m ³)
Aditivo	Reductor agua	litros/m ³	1,6

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7d - DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

Contenido

- Introducción y preguntas frecuentes
- Criterios de diseño: Durabilidad y resistencia
- Método iterativo de dosificación de hormigones
- Ejemplos de elección de consistencia y TMN
- Aditivos: aplicaciones y cuándo especificarlos
- Pasos del método de dosificación racional
- Correcciones y ajustes en pastones
- Correcciones y Ajustes en obra

*Parte "práctica" fundamental en toda dosificación de hormigón
 Sin ensayos, no pueden obtenerse buenos resultados que involucren todas las propiedades fundamentales*

Ing. Maximiliano SEGERER – Ing. Carlos Aluz

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO