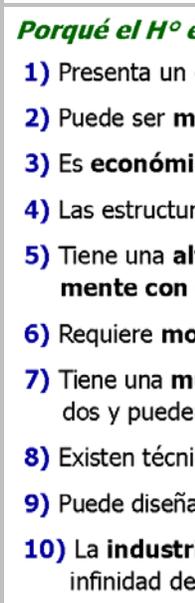


TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH - TEMA 6 – ADITIVOS Y ADICIONES
	INTRODUCCIÓN GENERAL
	● Necesidad actual de aditivos y adiciones
	● Diferencias entre aditivos y adiciones
	ADITIVOS PARA HORMIGONES
	● Tipos y aplicaciones de aditivos
	● Aspectos reglamentarios y normativos
	● Reglas de buen uso y acopio de aditivos
	ADICIONES
	● Diferentes escuelas y modos de uso
	● Tipos de adiciones para hormigones
	FIBRAS COMO MATERIAL ADICIONAL
	● Tipos de fibras más empleadas en hormigones
● Limitaciones del uso de fibras	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Introducción general y materiales adicionales en hormigones	
	Porqué el H° es empleado como material de construcción?
	1) Presenta un excelente comportamiento ante acción del agua
	2) Puede ser moldeado in situ en diferentes formas y tamaños
	3) Es económico y disponible en toda obra
	4) Las estructuras de hormigón necesitan un mantenimiento mínimo
	5) Tiene una alta resistencia a compresión y se combina perfectamente con el acero
	6) Requiere moderado consumo de energía para su fabricación
	7) Tiene una muy buena durabilidad ante ambientes agresivos moderados y pueden diseñarse hormigones para ambientes muy agresivos
	8) Existen técnicas y productos para diagnóstico y reparación
	9) Puede diseñarse H° resistente, durable y económico para cada caso
	10) La industria evoluciona constantemente y brinda soluciones a infinidad de casos prácticos

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones



Entonces... ¿el hormigón es perfecto?

¿O tiene debilidades?

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Debilidades de los hormigones convencionales

- 1) **Baja Relación Resistencia / Peso**
- 2) **Durabilidad** baja en ambientes de agresividad muy severa
- 3) Baja resistencia a **impacto y tracción**
- 4) *¿¿¿Aspecto estético???*
- 5) Cantidad y especialización importante de **mano de obra para colocarlo**
- 6) **Aspectos medioambientales**, contaminantes y consumo materias primas
- 7) **Liberación de calor** en ciertas obras
- 8) **Contracción por secado**
- 9) **Tiempos de construcción lentos** y controles de aceptación a 28 días
- 10) **Dependencia considerable** en la calidad de las **técnicas constructivas**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Debilidades de los hormigones convencionales

**Aparición de
“hormigones especiales”
con los objetivos de:
Potenciar una cualidad
Atenuar alguna debilidad**

- 1) **Baja Relación Resistencia / Peso**
- 2) **Durabilidad** baja en ambientes de agresividad muy severa
- 3) Baja resistencia a **impacto y tracción**
- 4) ¿¿¿**Aspecto estético**???
- 5) Cantidad y especialización importante de **mano de obra para colocarlo**
- 6) **Aspectos medioambientales**, contaminantes y consumo materias primas
- 7) **Liberación de calor** en ciertas obras
- 8) **Contracción por secado**
- 9) **Tiempos de construcción lentos** y controles de aceptación a 28 días
- 10) **Dependencia considerable** en la calidad de las **técnicas constructivas**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Debilidades de los hormigones convencionales

Hormigón liviano	1) Baja Relación Resistencia / Peso
H° reforzado con fibras	2) Durabilidad baja en ambientes de agresividad muy severa
Hormigón coloreado	3) Baja resistencia a impacto y tracción
Hormigón Alta Resistencia	4) ¿¿¿ Aspecto estético ???
H° Alto Desempeño	5) Cantidad y especialización importante de mano de obra para colocarlo
H° Autocompactante	6) Aspectos medioambientales , contaminantes y consumo materias primas
H° Arquitectónicos	7) Liberación de calor en ciertas obras
Hormigón Reciclado	8) Contracción por secado
Contracción compensada	9) Tiempos de construcción lentos y controles de aceptación a 28 días
	10) Dependencia considerable en la calidad de las técnicas constructivas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Debilidades de los hormigones convencionales

Hormigón liviano	<p>Las anteriores son debilidades, no son defectos y le son propias al hormigón de cemento Portland convencional. Los defectos surgen de aplicar inadecuadamente la Tecnología del Hormigón</p> <p>Los hormigones especiales y otros avances en las últimas décadas se deben a:</p> <ul style="list-style-type: none">A) Evolución de la industria de aditivos adiciones y otros materialesB) Evolución de los conocimientos y de técnicas constructivasC) Mayores exigencias en productividad y reducción de plazosD) Toma de conciencia de problemas ambientales y sustentabilidad de obrasE) Ganarle mercado a otros materiales
H° reforzado con fibras	
Hormigón coloreado	
Hormigón Alta Resistencia	
H° Alto Desempeño	
H° Autocompactante	
H° Arquitectónicos	
Hormigón Reciclado	
Contracción compensada	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Diferencias entre aditivos y adiciones

En nuestro país, **más del 80% de los hormigones** elaborados **tienen uno o más aditivos** en su composición; lo cual hace 20 años no llegaba al 30%

Respecto a las adiciones, si bien sólo en ciertas regiones y proyectos específicos se emplean adiciones de forma independiente, **la mayor parte de los cementos producidos en el país ya las contienen, con lo cual la mayoría de los hormigones tienen adiciones**

Aditivo: Material diferente del cemento, agua, agregados, adiciones o fibras de refuerzo, que se pueden incorporar al pastón inmediatamente antes o durante su mezclado (en planta o en obra) como un componente adicional, con el objeto de modificar en sentido positivo alguna de sus propiedades

Adiciones minerales: Las adiciones minerales pulverulentas están constituidas por partículas de finura similar o inferior al cemento, que se incorporan en la elaboración del hormigón y/o en la fabricación del cemento para mejorar el hormigón técnica, económica o ambientalmente



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Diferencias entre aditivos y adiciones

Los aditivos y las adiciones en hormigones se emplean para:

- 1) **Potenciar alguna fortaleza** o cualidad de un hormigón de buena calidad
- 2) **Solucionar o atenuar alguna debilidad** del hormigón de buena calidad
- 3) **Disminuir el costo unitario** de algún tipo de hormigón
- 4) **Superación de imprevistos o innovaciones** respecto a otros materiales
- 5) **Reducir el impacto ambiental** de la industria del hormigón

Tiene que comprenderse que un aditivo “no soluciona defectos de hormigón”. Es decir, no por tener agregados no aptos, los aditivos mejorarán las propiedades de los hormigones ni tampoco ciertos aditivos son la “solución mágica” de ciertos hormigones como puede aparecer en las fichas técnicas de ciertos proveedores (acelerantes, anticongelantes, hidrófugos, etc.)

La única forma de corroborar el comportamiento de aditivos y adiciones con nuestros materiales locales es realizar ensayos de laboratorio y luego seguimiento en obra. La Tecnología del Hormigón de aditivos es **eminente experimental** y los aditivos reaccionarán de manera diferentes en función de las características del resto de los materiales

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Diferencias entre aditivos y adiciones

Respecto a su **composición**:

Los aditivos en general **son productos de origen químico**

Las adiciones son partículas minerales finas (naturales o artificiales)

Respecto a su **modo de empleo**:

Los aditivos generalmente son líquidos y se incorporan diluidos en el agua de mezclado o en planta. Si se presentan en polvo, van en bajas cantidades

Las adiciones se pueden incorporar en el hormigón:

- a) Molidas y mezcladas con el cemento
- b) Como un componente más en el hormigón (silo independiente)
- c) Combinación de las anteriores

Respecto a su **cantidad de dosificación**:

Los aditivos se emplean en dosis del **0,05% al 1,5% del peso del cemento (hasta 7 kg/m³)**. Excepciones como acelerantes, pueden llegar al 5%

Las adiciones generalmente tienen **una ponderación considerable en las proporciones volumétricas** y pueden estar presentes entre el 10% y el 70% del peso del cemento (50 a 250 kg/m³)

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

- En los últimos años, el **empleo de un aditivo** no surge como una opción para mejorar un H° de buena calidad, sino que aparece como una **necesidad impuesta por la estructura**, el medio que se encontrará en **contacto con ella** o **las técnicas constructivas**
- La **industria de los aditivos** se encuentra en **constante evolución** y es la principal responsable de los **adelantos en la Tecnología del H°**
- Es **muy importante que el Ingeniero** tome **conocimiento** de la **amplia gama de aditivos disponibles**, como así también **sus beneficios y limitaciones**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Introducción a algunos conceptos
Importantes de hormigones

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Generalidades sobre elección de trabajabilidad

- ¿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?

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Generalidades sobre elección de trabajabilidad

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 (reductor de agua):
 - 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**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Generalidades sobre elección de trabajabilidad

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	$A > 18 \text{ cm}$

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

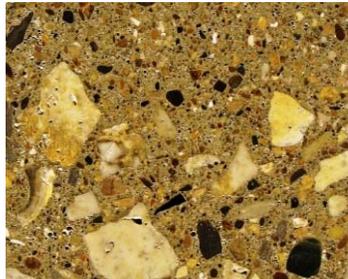
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Conceptos importantes del hormigón fresco

Segregación del hormigón fresco

- Es la **separación de los diferentes componentes** de una mezcla fresca, debido a **diferencias entre el tamaño de las partículas y su peso**. Las **partículas más gruesas y pesadas**, tienden a **separarse** de las demás
- Por lo tanto, el **agregado grueso** (mayor peso específico y mayor tamaño) **tiende a asentarse en el fondo** y la **pasta de cemento** (menor peso específico y menor tamaño de granos) **tiende a concentrarse en la superficie**
- La **segregación** puede ser ocasionada por:
 - Adición de agua en la obra
 - Métodos no satisfactorios de transporte, manipuleo, colocación y/o compactación
 - Empleo de agregados mal graduados
 - Dosificación inadecuada del hormigón
 - Exceso de ciertos aditivos en obra



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Conceptos importantes del hormigón fresco

Segregación del hormigón fresco



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Conceptos importantes del hormigón fresco

Exudación del hormigón fresco

- La **exudación** (efecto bleeding), es la **acumulación progresiva de agua en la superficie superior** del hormigón fresco
- Corresponde a **parte del agua de amasado que migra**, por efecto del asentamiento plástico y sedimentación del hormigón; separándose de la pasta de cemento a que tiene menor densidad que el cemento
- La **exudación excesiva** provoca:
 - Formación de pequeños capilares, aumentando la permeabilidad en el hormigón de recubrimiento
 - Superficies con mayor relación agua / cemento, y por lo tanto más porosas y menos resistentes
 - Segregación del hormigón fresco
 - Vacíos y debilitamiento de interfaz pasta-agregado
- Todo **incremento del contenido de finos** en el hormigón retendrá más agua y **disminuirá la exudación**

Agua de exudación superficial



Agua de exudación interna

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Conceptos importantes del hormigón fresco

Exudación del hormigón fresco



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

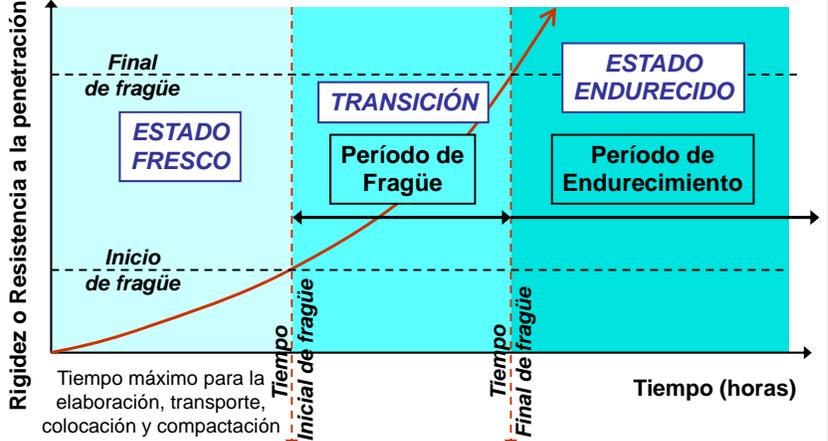
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

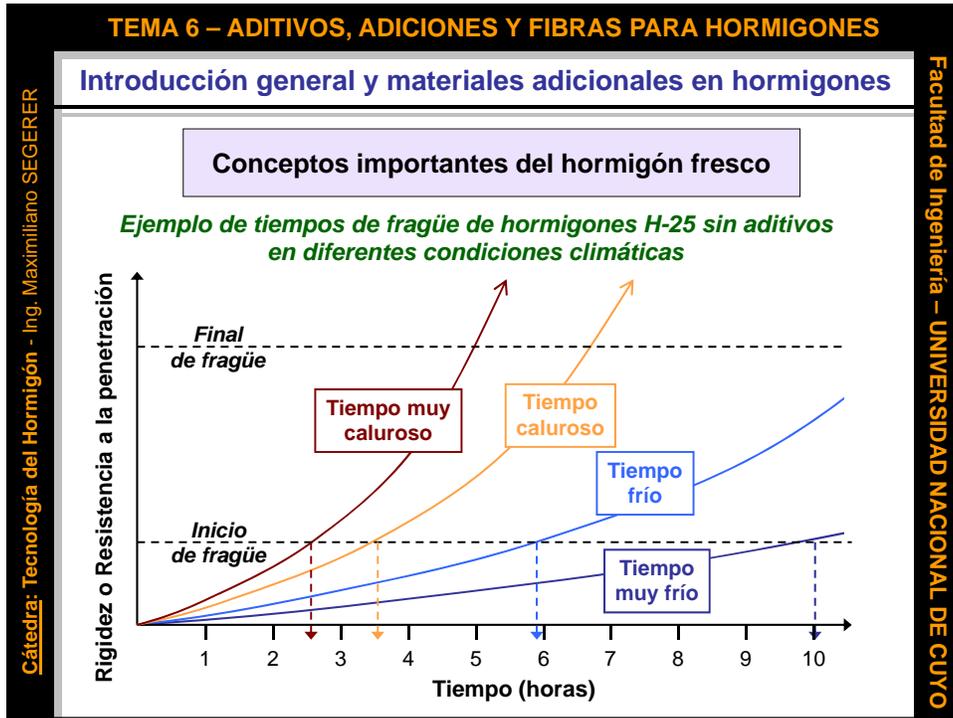
Conceptos importantes del hormigón fresco

Diferentes períodos y estados del hormigón y tiempos inicial y final de fragüe



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Introducción general y materiales adicionales en hormigones

Conceptos importantes del hormigón fresco

- Es comprensible que los **reglamentos sean conservadores** en los tiempos de descarga si no se determina el tiempo inicial de fragüe; pero **sólo como guía y referencia** y basados en diferentes experiencias, los tiempos iniciales de fragüe, con **cementos y materiales locales**, varían según:
 - **Tiempo muy caluroso:** Entre 2:00 y 4 horas
 - **Tiempo caluroso:** Entre 3:30 y 5:30 horas
 - **Tiempo normal:** Entre 4:30 y 8 horas
 - **Tiempo frío:** Entre 6 y 9 horas
 - **Tiempo muy frío:** Entre 8 y 12 horas
- Sin embargo, **nunca es recomendable llegar a estos tiempos** ya que existe un elevado riesgo de formación de juntas frías, recomendando:
 - **Estructuras en general:** Considerar como mínimo 1 a 2 horas menos del tiempo inicial de fragüe como tiempo de máximo vibrado
 - **Pisos, pavimentos y estructuras de contención:** Minimizar los tiempos lo más posible, ya que pueden aparecer fisuras que afecten la estructura

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH - TEMA 6 – ADITIVOS Y ADICIONES
	INTRODUCCIÓN GENERAL
	● Necesidad actual de aditivos y adiciones
	● Diferencias entre aditivos y adiciones
	ADITIVOS PARA HORMIGONES
	● Tipos y aplicaciones de aditivos
	● Aspectos reglamentarios y normativos
	● Reglas de buen uso y acopio de aditivos
	ADICIONES
	● Diferentes escuelas y modos de uso
	● Tipos de adiciones para hormigones
	FIBRAS COMO MATERIAL ADICIONAL
	● Tipos de fibras más empleadas en hormigones
● Limitaciones del uso de fibras	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Aditivos para hormigones	
<p>TIPOS DE ADITIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <ol style="list-style-type: none"> 1) Aditivos incorporadores de aire 2) Aditivos retardadores de fraguado 3) Aditivos acelerantes 4) Aditivos fluidificantes o plastificantes 5) Aditivos superfluidificantes 6) Aditivos hiperfluidificantes 7) Aditivos hidrófugos 8) Aditivos espumígenos 9) Pigmentos 10) Otros aditivos 	 <p>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”</p>

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones

TIPOS DE ADITIVOS

Reductor de agua 	Superfluidificante 	Hiperfluidificante 
Acelerante de endurecimiento 	Estabilizador de hidratación 	Incorporador de aire 

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones

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



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones

LIMITACIONES DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Detalles de aplicación

Consumo

Dosis: el dosaje puede variar entre 0,3% a 1,4% del peso del cemento de acuerdo con el efecto deseado y la forma de uso.

- Como **plastificante** – **reductor de agua**: entre 0,3% y 0,6% agregados al principio de la mezcla del hormigón, simultáneamente con el agua de amasado
- Como **superplastificante**: entre 0,5% y 1,4%

La variación en la dosis depende del aumento de asentamiento deseado, el aumento de resistencias proyectado y los materiales usados en la dosificación; generalmente el uso de adiciones modifica ligeramente las cantidades a usar.

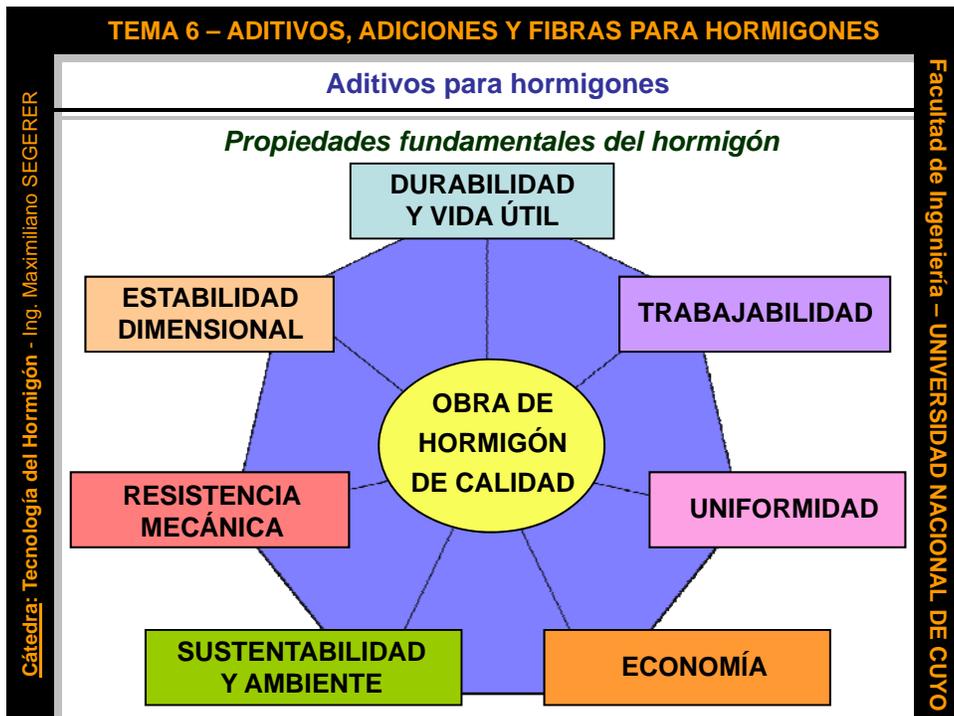
Densidad	1,18 Kg/l (20°C)
pH	8-10
Resistencia a las 24 Hs	20% (incremento máximo respecto al testigo)
Resistencias finales	25% (incremento máximo respecto al testigo)

Ensayo de tiempos de fraguado y resistencia a compresión - Hormigón con 350 Kg CPC 40

Dosis: 0,70%
 Reducción de agua: 9,5%
 Temperatura de ensayo: 23°C
 Normas de ensayo IRAM 1536, IRAM 1546, IRAM 1662

	Patrón	Con
Asentamiento (cm)	9,0	9,0
Agua/Cemento	0,528	0,495
Tiempo inicial de fraguado (Hs)	5H 05'	7H 15'
Tiempo final de fraguado (Hs)	8H 00'	9H 20'
Resistencia a compresión 7 días (MPa)	21,3	24,5
Resistencia a compresión 28 días (MPa)	33,2	37,1

Nota: los datos indicados están basados en ensayos de laboratorio. Si hubiera variaciones respecto de estos resultados, las mismas se deben a las diferencias existentes por las dosificaciones, los materiales empleados en ellas y las condiciones de obra.



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

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



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

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, con lo cual deben medirse con precisión (ejemplo: cerca de 1 litro / 6 m³). Pequeños desvíos y errores pueden traer efectos contraproducentes

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%**



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

Aire intencionalmente incorporado

- El descubrimiento de los **aditivos inclusores de aire** y su utilización ha sido uno de los **hitos más importantes** en la tecnología del Hº y se produjo en los '30, por la observación del buen comportamiento de **pavimentos** sometidos a **ciclos de congelación y deshielo**
- No se debe confundir el **aire natural incorporado** en forma inevitable y no controlada en un hormigón en el proceso de elaboración, transporte y colocación, **con el aire intencionalmente incorporado**
- Los **aditivos generan las burbujas requeridas** en el agua de la masa fresca **al producirse el mezclado en la hormigonera**
- **Reducen la tensión superficial** formando **burbujas estables de forma esferoidal** de **tamaño entre 10 µm y 1 mm** y deben permanecer durante todos los procesos de transporte, colocación y vibrado
- La **vibración debe ser completa** y debe tenerse la **precaución** para no ocasionar pérdidas de burbujas y mantener la uniformidad



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

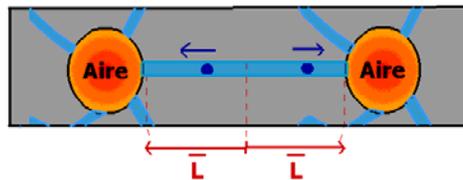
Cristales de hielo:

- Presión hidráulica
- Presión osmótica

Resistencia a ciclos de congelación y deshielo

Si P_{hid} ó $P_{osm} > R_{tracción}$

Fisuración



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

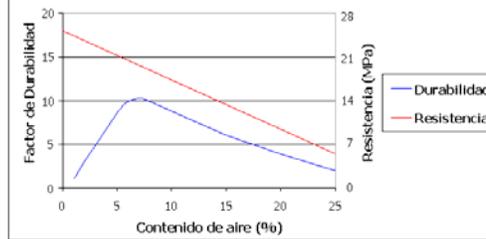
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

Durabilidad y Resistencia

- Las **burbujas** de aire cortan el **flujo capilar**
- **Resistencia** a los agentes **agresivos externos**
- La **resistencia mecánica** disminuye al **> Vol vacíos**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

Principales efectos sobre el H° fresco:

- Actúan como **fluidificantes**, produciendo un aumento de la cohesión y trabajabilidad
- **Reducen el contenido de agua** y arena de una mezcla para una consistencia dada
- Reducen la exudación de agua
- Reducen la segregación del hormigón



Sobre el hormigón endurecido:

- Mejora la homogeneidad y el aspecto del hormigón desmoldado
- Reduce la absorción del hormigón, aumentando su impermeabilidad
- Notable **aumento de la durabilidad** de las estructuras sometidas a efectos alternados de **congelación y deshielo** y las sometidas al ataque de aguas o sustancias agresivas
- Mejora de las **condiciones de curado** de las estructuras como consecuencia de la retención del agua libre de los capilares del hormigón
- **Disminuyen la resistencia mecánica** del hormigón (aprox. el 20%)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – INCORPORADORES DE AIRE

Disposiciones del CIRSOC 201-05 **Artículo 5.1.2**

C1) Sin sales descongelantes →
 a/c máx=0,45 , f'c mín=30 MPa

C2) Con sales descongelantes →
 a/c máx=0,40 , f'c mín=35 MPa

Empleo de aire incorporado
 Tolerancia +/- 1,5%

TMN mm	C1 % aire	C2 % aire
13,2	5,5	7,0
19,0	5,0	6,0
26,5	4,5	6,0
37,5	4,5	5,5
53,0	4,0	5,0

- Para H-35 y superiores el contenido de aire puede reducirse en 1,0%
- Para hormigones bombeados el contenido de aire se debe medir a la **salida de la bomba** **Artículo 5.5.4.7** **Artículo 5.7.1.1**
- Los métodos de **transporte y compactación** deben ser cuidados
- A título ilustrativo, **cada 1% de aire incorporado** disminuye:
 - **Disminuye el contenido de agua** de mezclado en 3 litros/m³
 - **Disminuye la resistencia** del 3 al 6% (1 a 3 MPa aprox.)

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - RETARDADORES

2) ADITIVOS RETARDADORES DE FRAGUADO

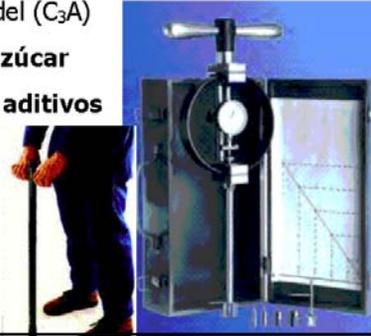
- Se emplean cuando tiene que **retrasarse el inicio del fragüe** algunas horas, por una o más de las siguientes circunstancias:
 - Transporte del hormigón en tiempos prolongados (más de 90 minutos)
 - Hormigonado en tiempo caluroso
 - Hormigonado de estructuras masivas
- Es recomendable realizar ensayos 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%



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - RETARDADORES

- Las tareas de **puesta en obra** (transporte, colocación y **consolidación**) del hormigón **deben ser concluidas antes** de alcanzar el **Tiempo de Máximo Vibrado** (que coincide aproximadamente con el tiempo inicial de fragüe del Hormigón)
- La **modificación del tiempo inicial** (principalmente) y tiempo final de fraguado siempre ha tenido mucho interés para la **Tecnología del H°**
- El **retardador** que presentan todos los **cementos Pórtland** es el **yeso adicionado** que regula el fragüe del (C₃A)
- El primero **retardador** utilizado fue el **azúcar**
- Los **aceleradores** y **retardadores** son **aditivos** solubles en el **agua de amasado** que **actúan químicamente** modificando:
 - 1) Las **solubilidades** de los diversos componentes del cemento
 - 2) Las **velocidades de hidratación** de estos componentes



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - RETARDADORES

Los **retardadores** suelen prestar un gran servicio en:

- Evitar el efecto acelerador de **altas temperaturas** en el hormigonado (**Hormigonado en Tiempo Caluroso**)
- Cuando se **transporta la mezcla a grandes distancias** lo que se emplea en forma masiva en plantas centrales de **Hormigón Elaborado**
- Cuando se realizan mezclas de baja relación agua / cemento (**HAP**)
- Cuando deba **postergarse** por cualquier razón **el vibrado**, permitiendo obtener así estructuras monolíticas
- Al presentarse **juntas de trabajo imprevistas**, debiendo mantenerse el H° en estado plástico durante la interrupción del hormigonado
- Adaptación del H° en estado plástico a deformaciones de los encofrados
- Para posible **interrupciones del hormigonado**
- Para colocar en condiciones favorables el hormigón **bajo agua**



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ACELERANTES

Aditivos aceleradores de fraguado

- **Aditivo acelerador del tiempo de fraguado:** Un aditivo que produce un incremento en la velocidad de hidratación del cemento hidráulico y que acorta sus tiempos de fraguado
- Existen aceleradores que **actúan durante el fraguado inicial**, que tienen por objeto adelantar la iniciación y disminuir el tiempo de fraguado
- Presenta interés en el **hormigón prefabricado y hormigón proyectado**, no siendo necesario en general adelantar el tiempo inicial de fraguado

Aceleradores de endurecimiento o de resistencia

- **Aditivo acelerador de resistencia:** Un aditivo que incrementa la velocidad de desarrollo de resistencia de un cemento hidráulico
- Estos aceleradores de resistencia, son los que **tienen mayor aplicación**, actúan con **posterioridad al fraguado** (proceso de endurecimiento)
- Si bien, estos aditivos reducen algo el tiempo de fraguado, su principal efecto es la **elevación de la resistencia a edades tempranas**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ACELERANTES

Cloruro de calcio (CaCl_2)

- Es el **acelerador más conocido** y utilizado hasta el presente, pero también **es el más discutido**
- Si no fue **correctamente diluido**, puede haber concentraciones que producen la **oxidación** tanto de los encofrados metálicos como de las **armaduras de refuerzo**
- Puede ser empleado pero los reglamentos dan recomendaciones a seguir. Entre ellas se pueden citar:
 - El **contenido total de cloruros** aportados por el agua, agregados y cemento, junto con los aportados por el aditivo, será menor del 2%
 - No será empleado en estructuras expuestas a **ambientes severos**
 - No puede emplearse en **Hormigón Armado ni Pretensado**
- Es importante apreciar en las especificaciones de los aditivos, si contienen o no cloruros, de ser así, sólo se empleará en hormigón simple



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ACELERANTES

3.a) ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGÜE

- Existen acelerantes que hacen fraguar el hormigón en segundos, y los mismos tienen aplicación casi exclusiva en el hormigón proyectado



- También pueden usarse acelerantes para habilitación muy temprana de ciertas estructuras (< 12 horas) para el caso de pavimentos o de piezas que tengas que ser izadas o que se apliquen tensiones de postensado
- Para volúmenes pequeños, suelen emplearse grouts comerciales de rápido fragüe y endurecimiento

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ACELERANTES

3.b) 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)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ACELERANTES

3.b) 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**




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

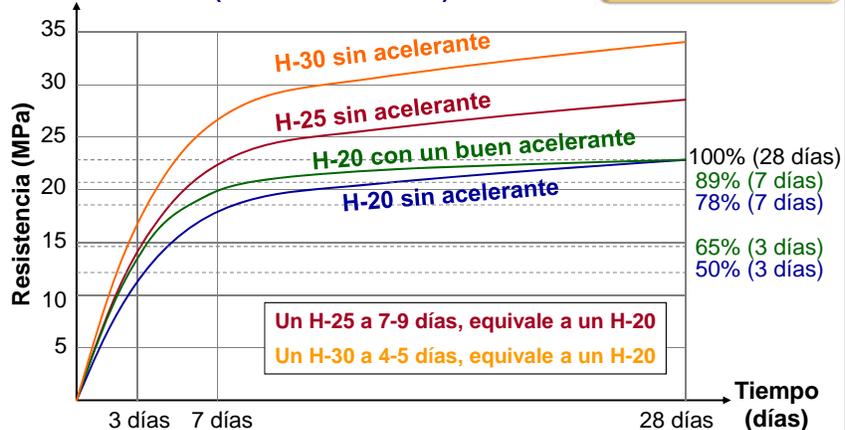
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ACELERANTES

Alternativas al uso de acelerantes de endurecimiento

Evolución de resistencias para un hormigón H-20 con y sin aditivo acelerante de endurecimiento en obra (misma relación a/c)

Ejemplo 



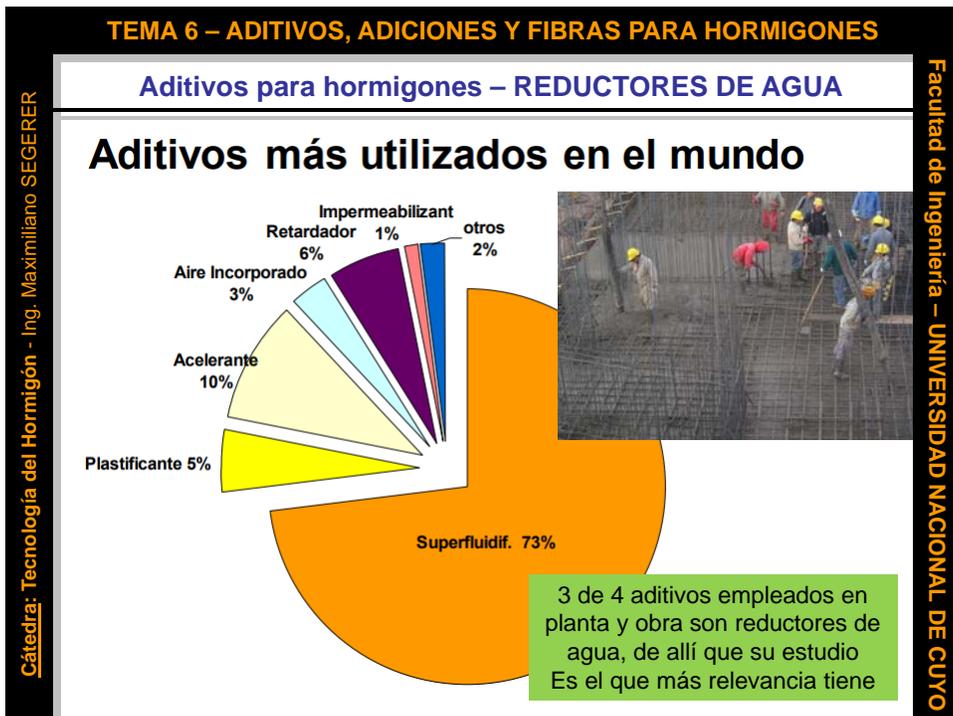
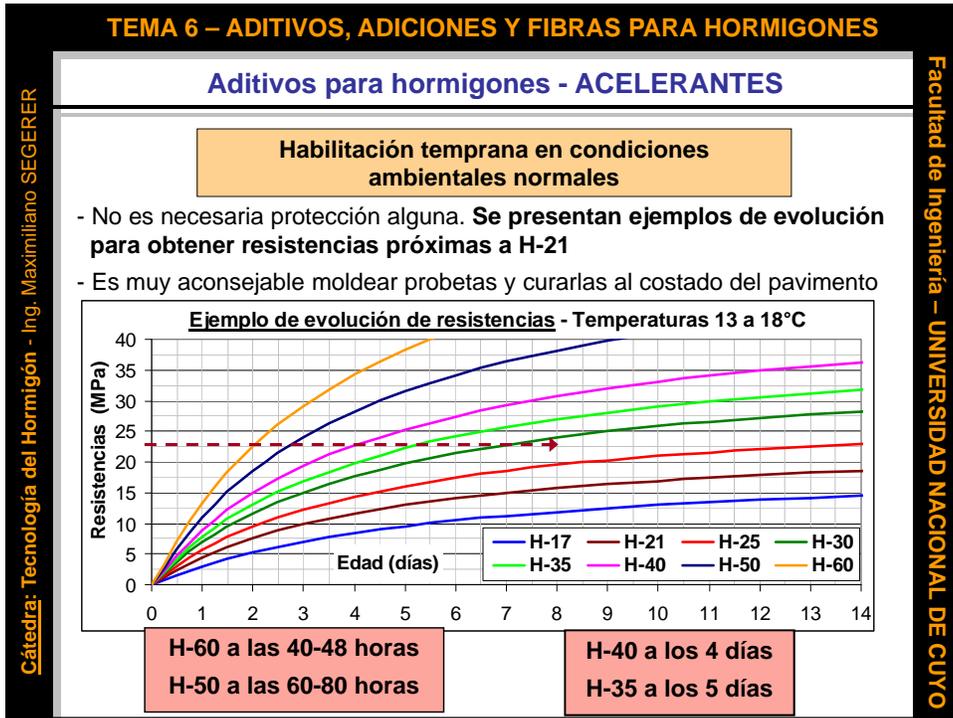
Grado de Hormigón	Condiciones	3 días	7 días	28 días
H-30	sin acelerante	~15	~25	~33
H-25	sin acelerante	~10	~20	~28
H-20	con un buen acelerante	~10	~20	~23
H-20	sin acelerante	~5	~15	~20

100% (28 días)
 89% (7 días)
 78% (7 días)
 65% (3 días)
 50% (3 días)

Un H-25 a 7-9 días, equivale a un H-20
 Un H-30 a 4-5 días, equivale a un H-20

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

- Los reductores de agua, tienen tres objetivos fundamentales:
 - Aumentar la consistencia (mejorar la trabajabilidad) sin alterar la relación a/c en obra, además de mejorar su cohesividad y uniformidad
 - Reducir el contenido de agua del hormigón, sin disminuir la trabajabilidad bajando así la relación a/c, lo que potencia resistencia y durabilidad
 - Optimizar el contenido de cemento, con consecuentes beneficios ambientales, económicos y técnicos en algunos casos

En función del porcentaje de agua que reducen, se clasifican en:

- A) Reductores de agua de bajo rango:** Reducción de agua 5 al 8%
- B) Reductores de agua de medio rango:** Reducción de agua del 8 al 12%
- C) Reductores de agua de alto rango:** Reducción de agua del 12% al 20%, son los denominados **superfluidificantes** o polifuncionales
- D) Reductores de agua de muy alto rango:** Reducción de agua > 20%, son los denominados **hiperfluidificantes**

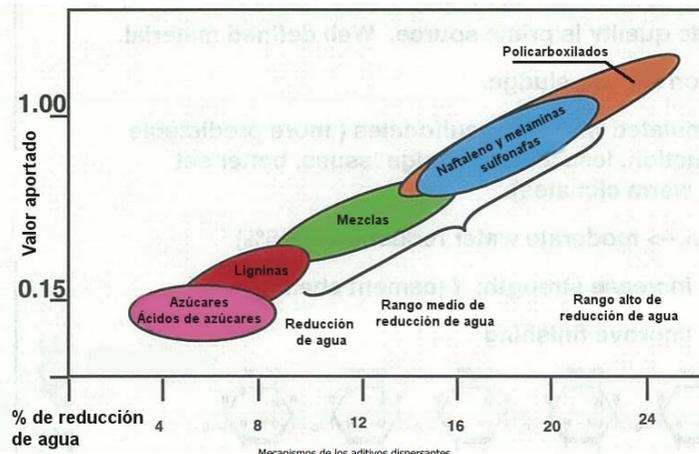
Los “super” (C) e “hiper”fluidificantes (D) pueden emplearse en planta y/o en obra en función de las necesidades

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

- Se denominan **PLASTIFICANTE** si se incorpora en planta y **FLUIDIFICANTE** si se incorpora en obra. En ambos casos reducen X% de agua

CLASIFICACIÓN



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

- Los reductores de agua, en función del rango, **dispersan más o menos agua atrapada entre granos de cemento**, manteniendo relación a/c y poniéndola disponible para brindar trabajabilidad

The diagram illustrates the mechanism of water reduction. On the left, a central blue circle labeled 'Agua' is surrounded by grey shapes labeled 'Cemento'. On the right, a similar setup is shown but with a yellow starburst labeled 'Superplastificante' between the cement grains, and the central area is now labeled 'Agua libre'.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

The figure shows the evolution of water reducers over time. It includes chemical structures for Melamina, Naftaleno, and Policarboxilato, each shown adsorbing to a cement particle. A table summarizes the impact of these additives on water reduction and capillary porosity.

Año	Reducción de agua	Porosidad Capilar	Relación Agua/Cemento
1930	Hasta 10% Red. agua	20% Porosidad Capilar	0.60
1950	Hasta 20% Red. agua	10 - 20% Por. Capilar	0.50
1970	Hasta 40% Red. agua	5 - 10% Por. Cap.	0.40
1980	Hasta 40% Red. agua	5 - 10% Por. Cap.	0.30
2000	Hasta 40% Red. agua	5 - 10% Por. Cap.	0.30

Relación Agua/Cemento

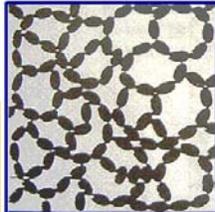
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

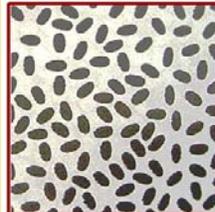
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

- Estos aditivos tienen un **alto poder dispersante** sobre los **materiales ligantes** (cemento y adiciones) que se encuentran en suspensiones acuosas formando flóculos

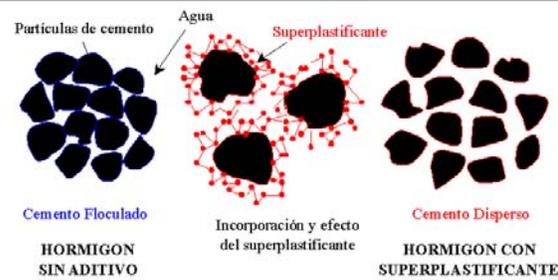


Cemento Floculado



Cemento Disperso

- La **capacidad antifloculante** excede la de los fluidificantes o reductores de agua de bajo rango
- Esta dispersión **reduce la viscosidad** del hormigón, con lo que puede **aumentarse la trabajabilidad** y disminuir el **contenido de agua**



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

Entre las principales **ventajas**, se pueden mencionar:

- **Incremento de trabajabilidad** y facilidad de puesta en obra
- Posibilidad de hormigonado en **secciones congestionadas**
- En general, **retarda levemente** el tiempo inicial de fragüe
- **Terminación superficial** de mayor calidad y menor trabajo
- Reducción de la **segregación** y **exudación** para un asentamiento dado
- Facilidades en la elaboración y transporte del Hº Eº en plantas centrales
- Facilidad y rapidez para el Hº **bombeado**
- Incremento de **durabilidad** y **uniformidad**
- Mejor **aparición** estructural del Hº visto
- **Disminución** del calor de hidratación y contracción por secado, a igual resistencia
- **Incremento de las resistencias** mecánicas a todas las edades, a igual consistencia
- **ECONOMIA** - Su empleo puede disminuir el **costo unitario del hormigón de calidad**



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

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**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

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

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

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

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – REDUCTORES DE AGUA

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

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – HIDRÓFUGOS

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



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – HIDRÓFUGOS

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**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ESPUMÍGENOS

8) ADITIVOS ESPUMÍGENOS

- Los RDC son mezclas de cemento, arena, aditivos (espumígenos) y agua, que presentan una **consistencia muy fluida** que les permite **compactarse y, en general, nivelarse sólo por acción de la gravedad**
- **No son hormigones estructurales**, sino “rellenos”; su resistencia a compresión no sobrepasa los 5 MPa y la mayoría de sus aplicaciones emplean **resistencias menores a 2 MPa**; por lo que también los RDC son llamados **morteros de baja resistencia controlada** o rellenos fluidos cementíceos



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - ESPUMÍGENOS

8) ADITIVOS ESPUMÍGENOS

- Entre las principales **ventajas**, figuran:
 - Reduce los costos de excavación
 - Resistente y no erosionable
 - Habilitación rápida de caminos sobre zanjas rellenadas
 - Mejora la seguridad de los operarios, ya que no entran a zanjas
 - Llena vacíos inaccesibles
 - Puede ser posteriormente excavado
 - No requiere casi ensayos, mano de obra ni equipamiento para compactar
 - Reduce el equipamiento necesario
 - No es afectado por la humedad, eliminando el hundimiento de pavimentos



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones - PIGMENTOS

9) 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



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

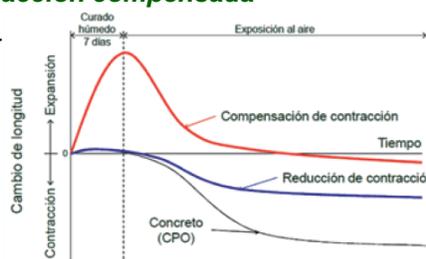
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos de contracción compensada

Son aditivos que generan ligeras expansiones a edades tempranas y luego se contraen, apareciendo tensiones de tracción mínimas al final

Deben realizarse muchos ensayos de laboratorio y obra para verificar su eficacia y a veces se combina con postensado y armadura pasiva



Principales aplicaciones – Pisos sin juntas de contracción

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos expansivos

Son aditivos que generan grandes expansiones (del orden del 1%) para poder garantizar uniones a tope y rellenar espacios vacíos confinados

Son aditivos en general en polvo, deben realizarse ensayos específicos para Regular su expansión y verificar la no influencia negativa en la resistencia

Entre sus aplicaciones se encuentran submuraciones y refuerzos estructurales e inyecciones de vainas de postensado



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos estabilizadores de hidratación

Son una nueva generación de retardadores de fraguado. Mientras que los retardadores tradicionales son útiles para escasos tiempos de retraso, en muchos casos es necesario un tiempo de fraguado mayor y más controlado

Los AEH están formulados para proveer esta extensión de fraguado, con la ventaja de que es más controlable, con rangos que van desde unas pocas horas hasta retrasos controlados de más de 30 horas

No sólo se emplean para el transporte prolongado, sino para colocar en los sobrantes al final del día, “dormir” el hormigón durante 10 a 20 horas y luego despacharlo al día siguiente (ejemplo para hormigones no estructurales)

Deben realizarse ensayos específicos de compatibilidad con el cemento para evitar problemas. Definidas las dosis de X litros de aditivos para Y horas de retraso, debe Capacitarse adecuadamente al personal porque dosis por debajo de las recomendadas o por encima, pueden traer serios inconvenientes



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos modificadores de viscosidad

Tienen muchas aplicaciones, desde el desarrollo de HAC (hormigones autocompactantes) hasta aditivos para mejorar la cohesividad para hormigonados bajo agua (aditivos anti-washout o anti-deslave)

Tienen una interacción con las partículas de cemento para dispersar las partículas en una forma moderada y específica



The top image shows a concrete pump discharge with a grid of rebar. The middle image shows a funnel test with a concrete sample. The bottom image shows a concrete surface with a pump discharge nozzle.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos para reducir potenciales patologías

En ciertos ambientes muy agresivos, cuando se desea una vida útil extendida o cuando no hay alternativa de cambio de materiales que pueden tener ciertas incompatibilidades, pueden usarse algunos aditivos de los cuales debe contarse con experiencia en obras similares en el país

Inhibidores de corrosión: Son aditivos específicos que, buscando metales ferrosos y se adhieren a las superficies, cubriéndolas con una delgada capa protectora. Esta capa, no tiene duración indefinida, pero si posterga la primera etapa de corrosión, fúnpor cloruros (ambiente marino)

Inhibidores de reacción álcali-agregado: Existen Aditivos que reducen drásticamente la cinética de las reacciones expansivas. En general son sales de litio como LiF, Li₂CO₃, LiCl. El tipo y cantidad depende del tipo de cemento y agregado reactivo. En general, se emplea con más frecuencia AMAs (adiciones minerales activas de eficacia comprobada) ya que los ensayos de predicción son más confiables



The top image shows a rebar in a corrosive environment. The bottom image shows a cracked concrete surface with a ruler for scale.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos anticongelantes

Son aditivos derivados de otras industrias que reducen el punto de congelación del agua dentro del hormigón. Muchas veces en la ficha técnica figura que tienen propiedades acelerantes, pero su efectividad puede ser dudosa. Deben realizarse ensayos específicos con el aditivo (ensayos difíciles para modelar) y debe estudiarse su compatibilidad con otros aditivos.

En muchos casos se usa en condiciones de tiempo no frío y puede ser contraproducente para el hormigón y la estructura su uso. Se piensa que al emplear aditivos anticongelantes, el hormigón no debe ser protegido y no es así.

Los gastos asociados y la logística de protección del hormigón durante los primeros días debe hacerse de igual manera con lo cual es difícil justificar su uso desde el punto de vista técnico o económico.

ALMACENAJE:
 En lugar seco.
 Vida útil: 1 año en envases sanos, cerrados en origen.
 No es inflamable ni combustible.

PRECAUCIÓN:
 El uso de este aditivo no dispensa de la aplicación de las normas y recomendaciones de orden general para la elaboración de un hormigón de calidad. En especial, deben observarse las disposiciones para el hormigonado en tiempo frío del Reglamento CIRSOC 201, cap. 11.

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aditivos para hormigones – OTROS ADITIVOS

Aditivos anticongelantes

Deben tomarse LAS MISMAS PRECAUCIONES que si no se utiliza...

Detalles de aplicación	
Consumo	se entrega listo para usar. La dosis a utilizar es del 2% del peso del cemento (2 kg. cada 100 kg. de cemento).
Instrucciones de aplicación	
Método de aplicación / Herramientas	se debe incorporar al agua de amasado antes de mezclarse con los agregados. Cuando se coloca el hormigón en tiempo frío es importante observar algunas sugerencias, además del empleo del aditivo, a saber: - Utilizar la mínima cantidad de agua de mezclado para aprovechar la ventaja de la capacidad de reducción del plastificante. - Emplear un adecuado contenido de cemento: mínimo 300 kg/m ³ . - Es conveniente que el cemento sea de rápida hidratación. - El cemento, el agua y los agregados deben estar protegidos de las heladas y si fuera posible calentarlos antes de su utilización. - Eliminar el agua, hielo y nieve que hubiera sobre los soportes, armaduras y encofrados; éstos además deben actuar como protección térmica y evitar la pérdida de calor. - La temperatura de hormigón fresco a la salida de planta debe respetar lo indicado en el reglamento CIRSOC 201-2005 en función de la temperatura del aire y la menor dimensión de la pieza estructural. Debe compactarse cuidadosamente durante la colocación del hormigón. - Una vez en el molde, el hormigón debe estar bien protegido de las pérdidas de calor y humedad, aislándolo y cubriéndolo si fuera necesario.

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH - TEMA 6 – ADITIVOS Y ADICIONES
	INTRODUCCIÓN GENERAL
	● Necesidad actual de aditivos y adiciones
	● Diferencias entre aditivos y adiciones
	ADITIVOS PARA HORMIGONES
	● Tipos y aplicaciones de aditivos
	● Aspectos reglamentarios y normativos
	● Reglas de buen uso y acopio de aditivos
	ADICIONES
	● Diferentes escuelas y modos de uso
	● Tipos de adiciones para hormigones
	FIBRAS COMO MATERIAL ADICIONAL
	● Tipos de fibras más empleadas en hormigones
● Limitaciones del uso de fibras	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES			
Aspectos reglamentarios y normativos de aditivos			
<i>Clasificación General de Aditivos según IRAM 1663</i>			
1) Incorporadores de Aire			
2) Fluidificantes (reductores de agua de bajo y medio rango)			
2.1) Fluidificante e incorporador de aire	<table border="1"> <tr> <td>Norma IRAM 1.663</td> </tr> <tr> <td>Aditivos para hormigones</td> </tr> </table>	Norma IRAM 1.663	Aditivos para hormigones
Norma IRAM 1.663			
Aditivos para hormigones			
2.2) Fluidificante y retardador de fraguado			
2.3) Fluidificante y acelerador de fraguado			
2.4) Fluidificante y acelerador de resistencia inicial			
3) Retardadores de fraguado			
4) Aceleradores de fraguado			
5) Superfluidificantes (reductores de agua de alto rango)			
5.1) Superfluidificante y retardador de fraguado			
5.2) Superfluidificante y acelerador de fraguado			
6) Otros aditivos			

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aspectos reglamentarios y normativos de aditivos

Disposiciones CIRSOC 201-05

Artículo 3.4

- Los **aditivos** pueden estar en **estado líquido o pulverulento**, y deben cumplir con los requisitos establecidos en norma **IRAM 1 663**
- Los **aditivos se deben ingresar diluídos en el agua** de mezclado
- Los **aditivos superfluidificantes** también pueden ser introducidos **sin diluirse en el agua de mezclado**. Su incorporación se puede realizar en planta y/o en camión **inmediatamente antes de su descarga**
- En las mezclas para estructuras de **hormigón armado y pretensado no se deben usar cloruro de calcio** ni aditivos que contengan cloruros, fluoruros o nitratos
- En el **envase** de los aditivos debe constar la **marca, tipo de aditivo, la dosis** recomendada, la **fecha de elaboración** y la **vida útil** prevista
- Deben ser **conservados en sus envases originales** herméticamente cerrados. El **acopio** se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferentemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo y fecha de recepción

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Aspectos reglamentarios y normativos de aditivos

Requisitos físicos del hormigón con aditivos - IRAM 1663

REQUISITOS	Unidad	TIPOS DE ADITIVOS											Método de ensayo	
		Incorporador de aire	Fluidificante	Retardador de fraguado	Acelerador de fraguado	Fluidificante				Superfluidificante	Superfluidif. y retardador de fraguado y acelerador de fraguado			
						Incorporador de Aire	Retardador de fraguado	Acelerador de fraguado	Y acelerador de resist. inicial					
Agua (máx)	%	100	95	100	100	93	95	95	95	88	88	88	IRAM 1663	
Tiempo de fraguado	Inicial	máx.	+/- 75	+ 90	+ 210	- 210	+ 90	+ 210	- 210	+ 90	+ 90	+ 210	- 210	IRAM 1662
		mín.	-	- 60	+ 60	- 60	- 60	+ 60	- 60	- 60	+ 60	+ 60	- 60	
	Final	máx.	+/- 75	+ 90	+ 210	-	+ 90	+ 210	-	+ 90	+ 90	+ 210	-	
		mín.	-	- 60	-	- 60	- 60	-	- 60	- 60	- 60	-	- 60	
Aire incorporado	% (absoluta)	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	A < 1	IRAM 1602	
Resistencia a la compresión mínima	%	1 día	-	-	-	-	-	-	-	-	140	125	170	IRAM 1542
		3 días	90	110	90	125	110	110	125	110	125	125	140	
		7 días	90	110	90	100	110	110	110	125	125	115	120	
		28 días	90	110	90	100	110	110	110	110	110	110	110	
		6 meses	90	110	90	100	110	110	110	110	100	100	100	
Resistencia a la tracción mínima	%	1 año	90	110	90	90	110	110	110	100	100	100	100	IRAM 1658
		3 días	90	100	90	110	95	100	110	100	110	110	110	
		7 días	90	100	90	100	95	100	100	110	100	100	100	
		28 días	90	100	90	90	95	100	100	100	100	100	100	
		3 días	90	100	90	110	95	100	110	100	110	110	110	
Resistencia a la flexión mínima	%	7 días	90	100	90	100	95	100	100	110	100	100	100	IRAM 1596
		28 días	90	100	90	90	95	100	100	100	100	100	100	
		3 días	90	100	90	90	95	100	100	100	100	100	100	
Adherencia al acero 28 días (mín)	%	90	100	100	100	95	100	100	100	100	100	100	IRAM 1596	
Contracción por secado (máx)	% (absoluta)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	IRAM 1597	
Factor de durabilidad (mín)	%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	IRAM 1661	
Exudación (máx)	%	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IRAM 1604	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH - TEMA 6 – ADITIVOS Y ADICIONES
	INTRODUCCIÓN GENERAL
	● Necesidad actual de aditivos y adiciones
	● Diferencias entre aditivos y adiciones
	ADITIVOS PARA HORMIGONES
	● Tipos y aplicaciones de aditivos
	● Aspectos reglamentarios y normativos
	● Reglas de buen uso y acopio de aditivos
	ADICIONES
	● Diferentes escuelas y modos de uso
	● Tipos de adiciones para hormigones
	FIBRAS COMO MATERIAL ADICIONAL
	● Tipos de fibras más empleadas en hormigones
	● Limitaciones del uso de fibras

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Reglas de buen uso de aditivos	
¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
CONDICIONES A CUMPLIR PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS EN OBRA	
1^{era} - Deben estar adecuadamente acopiados, identificados y ser manipulados por personal competente y capacitado	
2^{da} - Se debe conocer la dosis adecuada para alcanzar el fin deseado	
3^{era} - Es fundamental una precisa medición de la cantidad de aditivo que se incorpore a la mezcla según la dosis establecida	
4^{ta} - Consultar siempre el volumen de hormigón que trae el mixer o estimar el volumen remanente	
5^{ta} - La distribución del aditivo, dentro de la masa de hormigón, debe ser uniforme, mediante un mezclado eficiente	
6^{ta} - Para establecer las dosis no debe partirse de extrapolaciones, como por ejemplo que a doble dosis, doble es el efecto	
7^{ma} - En obras de magnitud y hormigones especiales, debe estudiarse la compatibilidad entre los aditivos y el cemento y adiciones	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Reglas de buen uso de aditivos	
¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
<p>1^{era} – Deben estar adecuadamente acopiados, identificados y ser manipulados por personal competente y capacitado</p> <ul style="list-style-type: none"> a) En el envase de los aditivos debe constar la marca, tipo de aditivo, la fecha de fabricación y la fecha de vencimiento; no debiendo emplear recipientes de aditivos que carezcan de esta información b) Conservarlos en sus envases originales herméticamente cerrados c) El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, separando e identificando cada marca, tipo y fecha de recepción d) En caso de no emplear el aditivo en tiempos prolongados, el mismo debe agitarse mediante algún medio de manera vigorosa; si aún no ha vencido e) Poseer en la obra la hoja técnica de especificaciones del fabricante y que la misma siempre esté disponible 	
	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Reglas de buen uso de aditivos	
¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
<p>2^{da} - Se debe conocer la dosis adecuada para alcanzar el fin deseado</p> <p>Pueden emplearse las hojas técnicas provistas por el fabricante, pero siempre es recomendable realizar ensayos con los materiales locales para verificar y optimizar técnica y económicamente las dosis empleadas</p> <p><i>Ejemplo:</i> Se desea elevar el asentamiento en obra de 6 a 16 cm; el fabricante establece como recomendable dosis entre el 0,5 y 1,4% en peso del cemento, equivalente para un hormigón de 320 kg de cemento/m³ a cantidades 1,6 a 4,5 kg de aditivo/m³</p> <p>Midiendo asentamientos antes y después de incorporar el aditivo superfluidificante, se obtiene que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1,5 kg de aditivo/m³: lo incrementa de 5,0 a 12,0 cm - 2,5 kg de aditivo/m³: lo incrementa de 6,0 a 15,5 cm - 3,5 kg de aditivo/m³: lo incrementa de 5,5 a 18,0 cm - 4,5 kg de aditivo/m³: lo incrementa de 6,5 a 19,0 cm <p>De haber elegido a ciegas, por ej. 3,5 kg, se gastaría 40% más de aditivo</p>	
	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
---	---------------------

3^{era} - Es fundamental una precisa medición de la cantidad de aditivo que se incorpore a la mezcla según la dosis establecida

Pueden emplearse baldes o bidones graduados, bien sea tarados en obra o comprados. Las marcas no deben ser borradas por el aditivo. Conviene realizar mediciones por volumen, debiendo considerar que al peso del aditivo obtenido debe dividírselo por la densidad del aditivo que figura en las especificaciones (varía de 1,02 a 1,25 kg/litro)

Tolerancia medición de aditivos es $\pm 3,0 \%$




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
---	---------------------

3^{era} - Es fundamental una precisa medición de la cantidad de aditivo que se incorpore a la mezcla según la dosis establecida

Ejemplo 1: Para una dosis de aditivo fluidificante igual a 1,1 kg de aditivo /m³, con una densidad del aditivo de 1,18 kg/litro, deberá emplearse:

1,1 kg de aditivo/m³ → 1,1 / 1,18 → 0,95 litros de aditivo/m³

Para camiones de 7 m³ será necesario → 7 x 0,95 → 6,5 litros / mixer

Según CIRSOC, la precisión es → $\pm 3\% \times 6,5$ litros
 → $\pm 0,20$ litros

Emplear un **balde o bidón de 8 a 10 litros, graduado al 0,50 litros**, para que pueda apreciarse la mitad de esta división; que es de 0,25 litros



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Reglas de buen uso de aditivos	
¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
<p>3^{era} - Es fundamental una precisa medición de la cantidad de aditivo que se incorpore a la mezcla según la dosis establecida</p> <p><i>Ejemplo 2:</i> Para una dosis de aditivo superfluidificante igual a 2,8 kg de aditivo/m³, con una densidad del aditivo de 1,09 kg/litro, se empleará: 2,8 kg de aditivo / m³ → 2,8 / 1,09 → 2,6 litros de aditivo / m³</p> <p>Para camiones de 7 m³ será necesario → 7 x 2,6 → 18,2 litros / mixer</p> <p>Según CIRSOC, la precisión es de → ± 3% x 18,2 litros → ± 0,50 litros</p> <p>Emplear un bidón o balde de 20 litros o dos cargas con balde de 10 litros, graduado al 1,00 litro, para que pueda apreciarse la mitad de esta división; 0,50 litros</p> <p>También puede graduarse al 0,50 litros para mayor precisión, principalmente si se emplea en dos cargas (baldes de 10 litros)</p>	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Reglas de buen uso de aditivos	
¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
<p>4^{ta} - Consultar siempre el volumen de hormigón que trae el mixer o estimar el volumen remanente</p> <p>La cantidad de aditivo es incorporada por m³ y no por camión. Esto cobra vital importancia en los "cortes" o mixers que transportan menor capacidad de la nominal, donde pueden cometerse errores de importancia si se considera que la cantidad de aditivo es para cada camión y no por m³</p> <p><i>Ejemplo:</i> Todos los mixer que se reciben en obra son de 6,0 m³ y el corte es de 1,5 m³, trabajando con una dosis de 2,0 litros de aditivo / m³</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para los mixer de 6,0 m³ la dosis será → 6,0 x 2,0 → 12,0 litros / camión - Para el corte de 1,5 m³ la dosis será → 1,5 x 2,0 → 3,0 litros / camión <p>De no tener este cuidado, podría cuadruplicarse la dosis de aditivo y seguramente aparecerá algún inconveniente como:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Incorporación excesiva de aire b) Segregación del hormigón fresco c) Inhibición o retraso del fragüe o endurecimiento 	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
---	---------------------

5^{ta} - La distribución del aditivo, dentro de la masa de hormigón, debe ser uniforme, mediante un mezclado eficiente

Debe incorporarse el aditivo por la boca de carga del mixer, debiendo:

- Completar el balde o bidón con agua, para que entre diluido, y/o
- Con la manguera del camión, **limpiar el aditivo que queda “pegado”** en la boca con una cantidad de agua de unos 20 litros, con el objetivo de incorporar todo el aditivo y evitar el deterioro de los camiones

Luego de la incorporación, lo más importante es un **mezclado eficiente para la distribución homogénea del aditivo**:

- Mínimo 5 minutos
- Más de 5 m³, 1 minuto por cada m³

Ejemplo: Para un mixer con 8 m³, debe incorporarse el aditivo, lavarse la boca de carga y colocar el mixer a velocidad de mezclado al menos 8 minutos; recién después descargar



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?	Casos de aplicación
---	---------------------

6^{ta} - Para establecer las dosis no debe partirse de extrapolaciones, como por ejemplo que a doble dosis, doble es el efecto

Ejemplo 1: Para el caso de aditivos superfluidificantes, si 2,0 litros incrementan 8 cm de asentamiento; 4,0 litros no incrementarán 16 cm

Ejemplo 2: Si para una dosis de 0,8 litros/m³ de retardador de fragüe, se retrasa 2 horas el fragüe; no deberá extrapolarse que para 1,6 litros / m³ se retrasarán 4 horas y para 3,2 litros / m³, 8 horas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Cómo deben emplearse correctamente los aditivos en obra?

Casos de aplicación

7^{ma} - En obras de magnitud y hormigones especiales, debe estudiarse la compatibilidad entre los aditivos y el cemento y adiciones

Para hormigones especiales, es recomendable que laboratorios especializados o las hormigoneras estudien la compatibilidad y definir las dosis óptimas de aditivos mediante diferentes ensayos




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

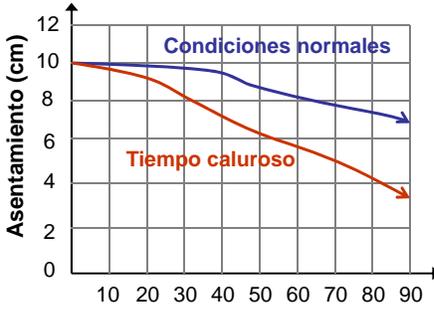
Reglas de buen uso de aditivos

¿Qué es la pérdida de asentamiento del hormigón y cómo actuar en obra?

Casos de aplicación

- La **pérdida de asentamiento** del hormigón fresco en un tiempo dado; es un **fenómeno normal** y derivado de la hidratación misma del cemento, lo que **nunca debe ser confundido con el inicio del fraguado**

- Normalmente, existe una pérdida de asentamiento despreciable durante los primeros 30 minutos, pero **a medida que transcurre el transporte, espera y descarga de los camiones en obra, puede ser significativo**



Tiempo (minutos)	Condiciones normales (cm)	Tiempo caluroso (cm)
0	10.0	10.0
10	9.8	9.5
20	9.5	8.5
30	9.2	7.5
40	8.8	6.8
50	8.2	6.0
60	7.8	5.2
70	7.5	4.8
80	7.2	4.5
90	7.0	4.0

Los **factores** que influyen son:

- Tipo de cemento
- Tipo y dosis de aditivos
- Condiciones climáticas
- Relación agua / cemento
- Incompatibilidad cemento - aditivo
- Condiciones de transporte

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Qué es la pérdida de asentamiento del hormigón y cómo actuar en obra?

Casos de aplicación

- También suele ocurrir una **pérdida de asentamiento brusca**, durante la descarga cuando se **pierde el efecto del aditivo superfluidificante**, lo que puede ocurrir entre 20 y 45 minutos de incorporado
- La **pérdida de asentamiento debe ser compensada** antes de descargar, mediante la **incorporación de un aditivo superfluidificante en obra** para lograr el asentamiento requerido para una adecuada colocación; **con todos las recomendaciones estudiadas precedentemente**



- En el caso de pérdida de asentamiento cuando se pierde el efecto del superfluidificante, **deberá redosificarse a priori, entre el 25 y el 40% de la dosis inicial**; sin superar las dosis máximas recomendadas sumando todas las veces que se incorpora aditivo

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

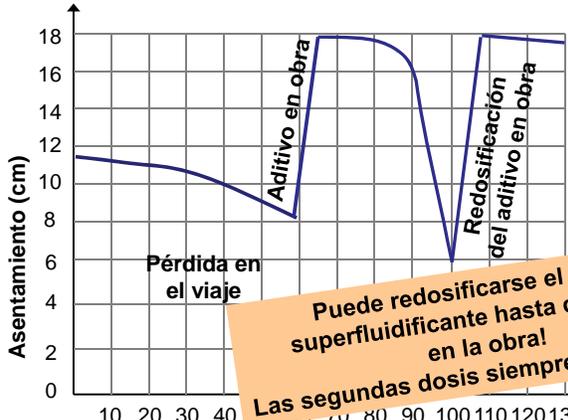
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

¿Qué es la pérdida de asentamiento del hormigón y cómo actuar en obra?

Casos de aplicación

Ejemplo de pérdida de consistencia y trabajo en obra (o en viaje) con aditivos superfluidificantes





Puede redosificarse el aditivo superfluidificante hasta dos veces en la obra!
 Las segundas dosis siempre son menores

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
<ul style="list-style-type: none">- En algunas casos al desencofrar tabiques o vigas al día siguiente o a las 48 horas, el hormigón puede presentar un aspecto que aún continúa en estado fresco y es muy fácil desgranar el mismo con cualquier medio- En estos casos de un retraso prolongado de fragüe del hormigón, deben investigarse las causas y posibles consecuencias en colaboración con el proveedor del hormigón elaborado	
	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
<p>➤ Condiciones de tiempo frío: en el caso de temperaturas inferiores 5 °C, aspecto que puede ser combinado por una finalización de tareas a horas de la tarde - noche; lo que no es recomendable en tiempo frío</p> <p>Para estos casos deben preverse las buenas prácticas de hormigonado en tiempo frío, principalmente en lo que respecta a la protección del hormigón durante las primeras 48 a 72 horas</p>	
	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
---	---------------------

➤ **Exceso de aditivos:** El exceso de 2 a 4 veces la dosis recomendada de aditivos fluidificantes incorporados en planta y/o en obra, pueden retrasar o inhibir el fragüe. Este aspecto no suele ocurrir con superfluidificantes

1) *Mezclado ineficiente:* si al incorporar el aditivo no se mezcla adecuadamente, el aditivo puede quedar concentrado en la “cola” y así aunque la dosis de aditivo en el camión sea la correcta, si queda en los primeros 1 a 2 m³, la concentración puede ser entre 6 y 3 veces la recomendada




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
---	---------------------

➤ **Exceso de aditivos:**

2) *Cortes:* en el caso de los cortes de volumen de 3,0 m³ e inferiores toma especial importancia, ya que si se incorpora la dosis para todo el camión de 6,0 m³ a un corte de 1,5 m³, la dosis será cuadruplicada

3) *Otros errores:* dosis mal calculadas o medidas, mezcla de dos aditivos en dosis altas (ej: anticongelante y fluidificante), equívocos con el recipiente del aditivo; por ejemplo si se incorpora retardador en lugar de superfluidificante en las mismas cantidades, muy probablemente se inhiba el fragüe



Impactos de esclerómetro (sin lecturas) sobre vigas de fundación a los 7 días

Inhibición del fragüe por incompatibilidad de dos aditivos diferentes

Las estructuras tuvieron que demolerse



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
---	---------------------

➤ **Exceso de aditivos:**
Puede apreciarse en algunos casos como manchas marrones en la superficie, ya que el exceso de aditivos migra a la superficie con el agua de exudación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
---	---------------------

➤ **Exceso de aditivos:**
La variación en cantidad de aditivo, puede provocar el fragüe diferencial entre diferentes viajes, lo que en ciertas estructuras es un problema de relevancia, como en losas y pisos industriales

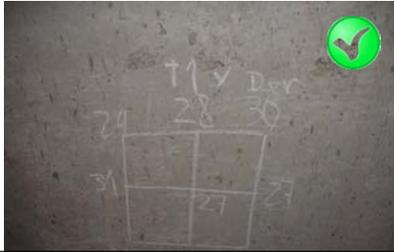


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
<p>- Se recomienda actuar como se especifica a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Esperar 2 a 3 días brindando condiciones adecuadas de temperatura, para apreciar visualmente si ha pasado al estado endurecido, verificando esta evolución con ensayos destructivos o END en la estructura ➤ Si la situación continúa durante más de 4-6 días, con medidas de protección contra las bajas temperaturas, se deberá demoler el elemento <p><i>Ensayos de esclerometría sobre tabiques hormigonados el mismo día, con el mismo tipo de hormigón, pero de diferentes pastones</i></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Reglas de buen uso de aditivos

Retrasos excesivos del fragüe del hormigón durante horas y días	Casos de aplicación
<p><i>Losa de 100 m³ demolida por confusión de recipientes de aditivos Se empleó fluidificante en dosis para superfluidificante (equivalente al triple aprox.)</i></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Sistema de Gestión Ambiental de Aditivos en plantas

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de aditivos?

Casos de aplicación

- En caso de tomar contacto con aditivos, debe procederse tal como indican las **fichas de seguridad de aditivos** que siempre deben estar **disponibles en planta y en obra**
- Con respecto al acopio de aditivos, deben disponerse **pequeñas piletas que contengan eventuales derrames** y que puedan servir para el **lavado de los silos**, extrayendo el agua resultante de manera segura




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Sistema de Gestión Ambiental de Aditivos en plantas

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de aditivos?

Casos de aplicación




Piletas de contención en acopio de aditivos




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

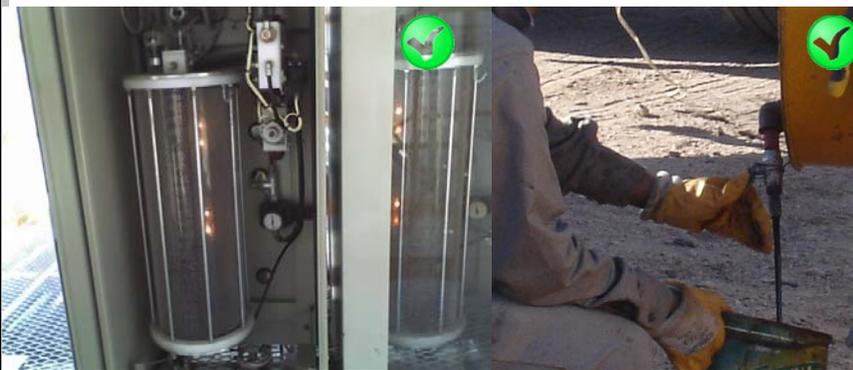
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Sistema de Gestión Ambiental de Aditivos en plantas

¿Qué medidas pueden tomarse en un SGA en lo referente al manipuleo y acopio de aditivos?

Casos de aplicación

- En caso de contar con **dosificadores de aditivos**, deben estar **protegidos** contra eventuales pérdidas y evitar el contacto con las personas
- En caso de manipular aditivos, deben emplearse los **elementos de protección personal** que recomiende el fabricante en la “**Ficha de Seguridad**”



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Sistema de Gestión Ambiental de Aditivos en plantas

Medidas de acopio de aditivos en tambores o bidones



Medidas de acopio de aditivos a granel

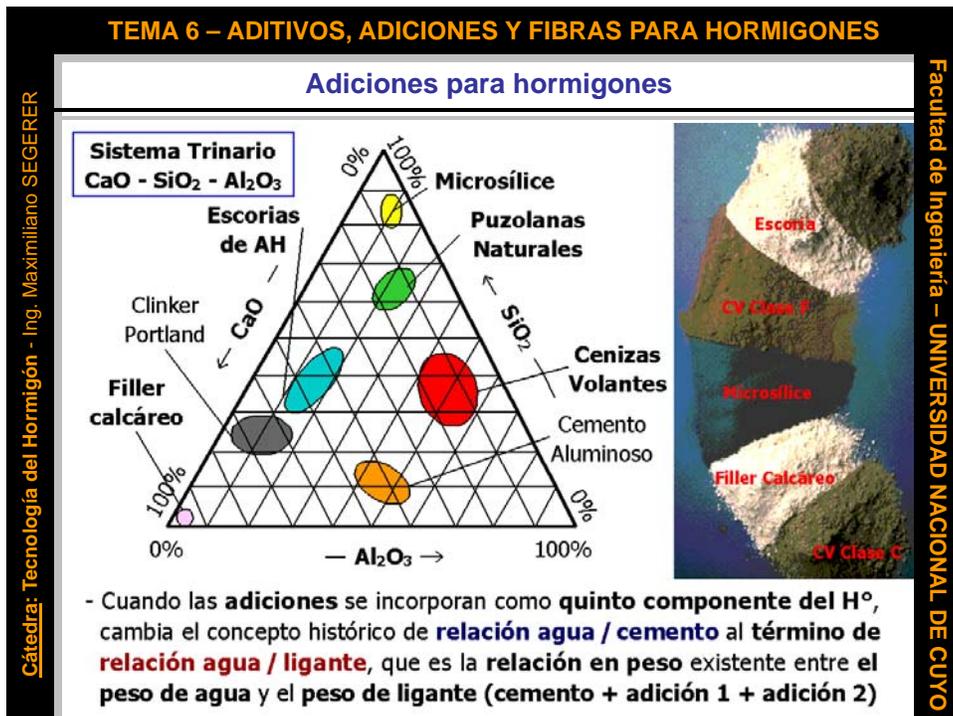
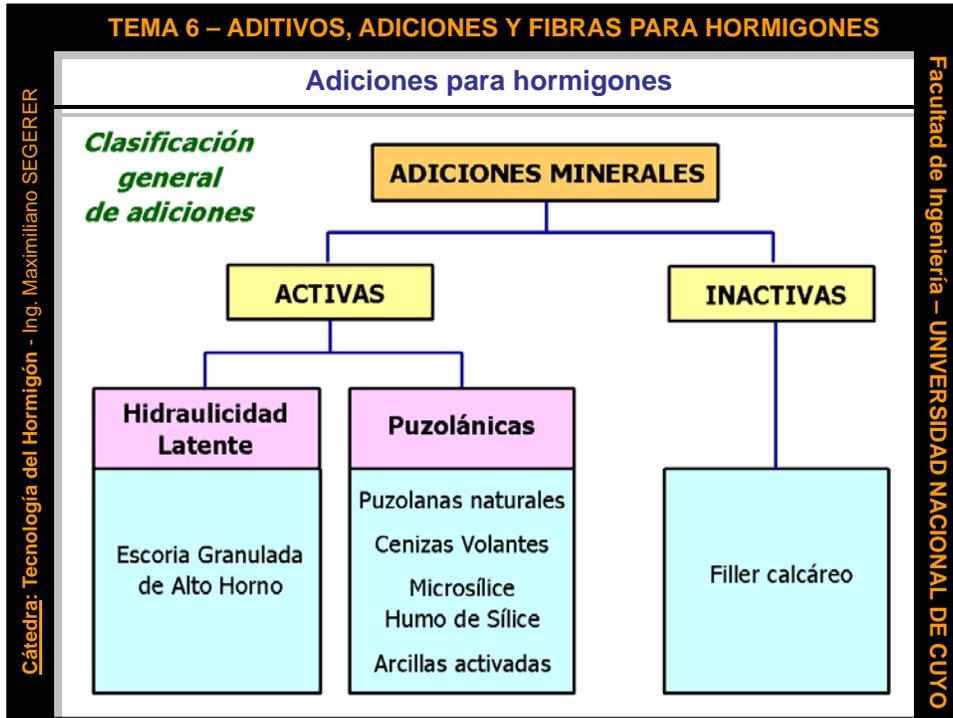


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Contenido	TdH - TEMA 6 – ADITIVOS Y ADICIONES
	INTRODUCCIÓN GENERAL
	● Necesidad actual de aditivos y adiciones
	● Diferencias entre aditivos y adiciones
	ADITIVOS PARA HORMIGONES
	● Tipos y aplicaciones de aditivos
	● Aspectos reglamentarios y normativos
	● Reglas de buen uso y acopio de aditivos
	ADICIONES
	● Diferentes escuelas y modos de uso
	● Tipos de adiciones para hormigones
FIBRAS COMO MATERIAL ADICIONAL	
● Tipos de fibras más empleadas en hormigones	
● Limitaciones del uso de fibras	

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES	
Adiciones para hormigones	
<i>Escuelas americana y europea</i>	
Estados Unidos	Comunidad Europea
- El cemento se clasifica según la composición del clinker	- El cemento se clasifica según el porcentaje de las adiciones
- El clinker varía fuertemente de un tipo de cemento a otro	- El clinker casi no varía de un tipo de cemento a otro
- Las adiciones se incorporan y pesan como materiales diferentes	- Las adiciones ya están incorporadas en el cemento
- Los aditivos se incorporan generalmente diluidos en el agua de mezclado	
- Norma IRAM 50.000 - Clasificación del cemento según % adiciones	
- También se pueden agregar adiciones como materiales diferentes	
- Es decir, las adiciones pueden incorporarse:	
a) En la fabricación del cemento - Sustitución de clinker y/o	
b) En la elaboración del hormigón - Sustitución de cemento	



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

Beneficios del empleo de adiciones

1) Beneficios técnicos y funcionales

- **Aumento de trabajabilidad** y disminución del agua de amasado
- Mejora de **propiedades mecánicas** (largo plazo) y **durabilidad**
- **Disminución del calor** de hidratación liberado

2) Beneficios económicos

- Muchas adiciones al ser subproductos industriales, presentan un **bajo costo** igual a su transporte y eventual manipulación
- Disminución del costo del cemento, por disminución de **combustibles**

3) Beneficios ambientales

- **Disminución del CO₂** emanado a la atmósfera
- **Eliminación de subproductos industriales** que contaminarían



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

- **Puzolana natural:** Un material natural que en bruto o calcinado tiene propiedades puzolánicas. Por ejemplo ceniza volcánica o piedra pómez, chert opalino y pizarra, tobas o algunas tierras diatoméas

- La **utilización de las puzolanas** como material de construcción es **muy antigua**: los griegos, etruscos y romanos ya conocían sus beneficios

- Su nombre deriva de la región de **Pozzuoli (Italia)** donde se extraían en antigüedad las puzolanas para las construcciones del **Imperio Romano**

- **Porcentajes límites de adición:**

- Como **sustitución de clinker** (fabricación cemento): **15 a 50%**
- Como **sustitución de cemento** (elaboración H^o): **Hasta un 25%**

- Presentan **granulometría** y tamaños de granos **similar al cemento**

- En **Mendoza** actualmente se **produce casi en su totalidad CPP 40**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

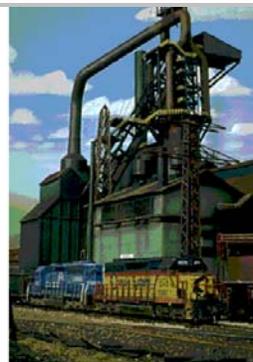
- La **escoria de alto horno** es un **subproducto** no metálico de la **fabricación del arrabio y del acero**
- El **enfriamiento rápido** durante el proceso de granulación transforma a la escoria en un material con **estructura** mayoritariamente **amorfa**
- El **cemento** con adición hasta el **65% de escoria** fue utilizado en Europa desde **finales del siglo XIX**
- Tiene una **gran importancia ambiental**, ya que en muchos países de 1/3 a 2/3 de la escoria producida es empleada en el cemento y/o Hprmigón
- La **escoria granulada** puede emplearse:
 - En la **molienda del clinker** como adición **Cemento Portland con Escorias (11 a 35%)** **Cemento de Alto Horno (del 35 a 75%)**
 - Como **adición** en reemplazo de cemento Portland (Hasta el 60%) (enfriamiento rápido)
 - Como **agregados livianos** (enfriamiento lento)



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

- Presentan una **finura un poco superior** a la del cemento (Blaine de 400 y 600 m²/kg) y una **composición química muy similar**, siendo un 15% más rico en Si y más pobre en Ca e igual Al
- **Estado fresco:**
 - **Mejora la trabajabilidad**
 - **Reduce la exudación**
 - Tienen un fuerte **efecto puzolánico** y un **leve poder cementante**
 - Aumenta el **tiempo de fraguado**
- **Estado endurecido:**
 - Las **resistencias a edades tempranas** se ven **disminuidas**
 - **Densifica** y disminuye la porosidad en la **zona de interfaz**
 - **Incremento de la durabilidad** por la disminución de Ca(OH)₂ y el refinamiento de poros (agua de mar, sulfatos, RAA)
 - Notable **reducción del calor de hidratación**
 - **Menor contracción de fraguado** (menor contenido de clinker)



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

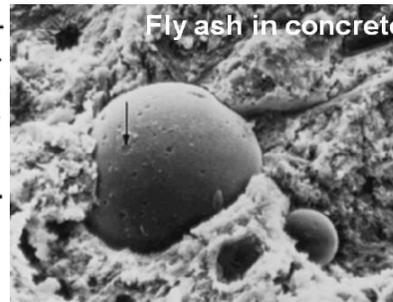
- **Filler calcáreo:** son adiciones minerales inertes finamente divididos, obtenidas por la molienda y/o calcinación de productos calcáreos
- Es un mineral básicamente compuesto por **carbonato de calcio (>75%)**, que dada su **facilidad de molienda** y puede molerse conjunta o separadamente con el **cemento**
- Se emplea principalmente en la **fabricación de ciertos cementos:**
 - CPF** - Cemento Portland con "filler" calcáreo (**de 10 a 25%**)
 - CPC** - Cemento Portland compuesto (**P+E+F < 35%**)
- A diferencia de las otras adiciones, **no presentan carácter puzolánico**
- Al igual que el CPN, este material es utilizado en la construcción cuando el H° **no presenta requerimientos especiales**
- La característica más valorada es la **buena trabajabilidad** que confiere
- Al estar fabricado con **adiciones no activas**, la **resistencia final** de los H° elaborados con este material es **un poco menor** a la que se obtendría con otros tipos de cemento



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

- **Ceniza volante:** Material pulverulento finamente dividido que resulta como residuo de la combustión de carbón mineral y que se recoge en la chimenea de gases
- Son **cenizas muy finas** que arrastradas por el humo que sale por las chimeneas (**centrales térmicas** y hornos de ferroaleaciones), son **recogidas a su salida** por enfriamiento (procesos en seco o húmedos)
- Sólo el **7%** de las **CV** producidas en el mundo son empleadas en el H°
- Las **CV** son las **puzolanas mejor estudiadas** y las **más empleadas**
- **Combinando** las **CV** con aditivos **superplastificantes**, se reúnen y potencian las **ventajas de ambos**; llegando a resistencias superiores a **100 MPa** y relaciones agua / ligante, como **0,25**
- Son **partículas esféricas** y su **granulometría** se extiende de **1 a 150 μm**, con una superficie específica entre 250 y 700 m²/kg (poco superior al cemento)



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

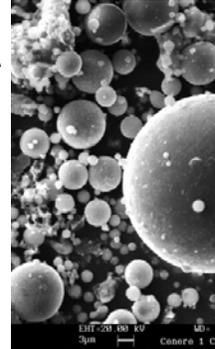
Adiciones para hormigones

- *Estado fresco:*

- Aumenta la cantidad de pasta **mejorando la trabajabilidad**
- Facilita las **tareas** y la potencia de **bombeo**
- **Reduce** la **exudación** y la **segregación**
- Tiene un importante **efecto puzolánico**
- Aumenta el **tiempo de fraguado** inicial y final

- *Estado endurecido:*

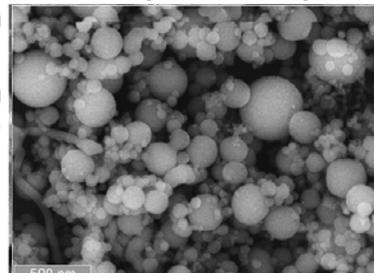
- **Incremento de resistencias** a edades > 7 días
 - **Densifica** y disminuye la porosidad en la **zona de interfaz**
 - **Incremento de la durabilidad** por la disminución de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el refinamiento de poros (congelación, sulfatos, RAA, corrosión)
 - **Reduce** del **calor de hidratación**
 - **Excelente estabilidad volumétrica**
- Son **muy empleadas como adición** en la elaboración de **HAP y HAC**, **sustituyendo** de un **15 a 25%** del cemento Portland



TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

- **Humo de sílice:** Sílice amorfa o no cristalina, de partículas muy finas. Constituye un subproducto de la fabricación de aleaciones ferro-silíceas y otras silico-metálicas, en hornos de arco eléctrico
- Sus primeras aplicaciones datan de **1975** y es una de las **dos industrias** que, junto con los aditivos **superplastificantes**, **han revolucionado la tecnología del hormigón** en las últimas décadas
- Es básicamente **SiO_2 puro y amorfo** (contenido mayor de 85%)
- El tamaño promedio de las partículas de microsilice es de $0,15 \mu\text{m}$, pero varían de **$0,01$ a $1 \mu\text{m}$** , siendo **mucho más fina que las otras puzolanas** estudiadas, y presentan una **forma perfectamente esférica**
- La superficie específica es de **20000 a 40000 m^2/kg** , **100 veces más fino que el cemento**
- La **microsilice** puede ser solicitada a **granel**, en **bolsas** de 2.000 kg o bien, en suspensión de agua (**slurry**)



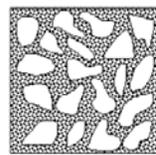
TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

- **Efeco microfiller:** Si se tiene un ligante con el 85% de cemento y 15% de microsílíce, hay 2.000.000 de partículas de microsílíce por cada una de cemento. Se logra una pasta de gran densidad, **disminuyendo la porosidad al mínimo** conseguido actualmente
- **Efeco muro:** Mejora de la compactad de la interfaz pasta-agregado, lo que es responsable del notable **incremento de la resistencia**

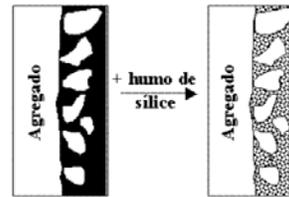


Cemento sólo



Con Microsílíce

EFEECTO FILLER
(Gran compactad)



EFEECTO MURO
(Gran adherencia)

- **Efeco puzolánico:** Al ser tan fino y ser básicamente SiO_2 tiene una actividad puzolánica muy alta, transformando una proporción muy importante de Ca(OH)_2 en S-C-H (**Aumento resistencia y durabilidad**)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

- **Estado fresco:**
 - Aumenta de manera muy importante la **trabajabilidad**, por su extrema finura y forma esferoidal perfecta
 - Su empleo está ligado y condicionado al de **superfluidificantes**
 - **Reduce la exudación** (se impide la formación de capilares) y de la **segregación** (existe una gran cohesión de la pasta fresca)
 - Tienen un fuerte **efecto puzolánico** (más que las otras adiciones)
 - Mayor facilidad de **bombeo** (se anula prácticamente el rozamiento)
- **Estado endurecido:**
 - **Incremento de las resistencias a todas las edades**
 - **Densifica** y disminuye la porosidad en la **zona de interfaz**
 - **Incremento muy importante de la durabilidad** por la disminución de Ca(OH)_2 y la gran compactad
 - Mayor **resistencia a la abrasión**
- Son **muy empleadas como adición** en la elaboración de **HAP y HAC**, **sustituyendo** de un **8 a 15%** del cemento Portland



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Adiciones para hormigones

Disposiciones CIRSOC 201-05 **Artículo 3.5**

- Las adiciones normalizadas deben cumplir las especificaciones:
 - Norma IRAM 1 593**- Material calcáreo para "filler" calcáreo
 - Norma IRAM 1 667**- Escorias granuladas de alto horno
 - Norma IRAM 1 668**- Puzolanas
- Se pueden incorporar otras adiciones como **cenizas volantes, micro-sílice**, polvo de piedra caliza "filler", **pigmentos**, etc. En todos los casos se debe demostrar mediante **ensayos de laboratorio** que el empleo de la adición beneficia las características deseadas del hormigón
- También se debe demostrar que **la adición** a incorporar **no produce reacciones desfavorables**, no altera la protección de las armaduras y no afecta la estabilidad volumétrica del hormigón endurecido
- Los **volúmenes** que las adiciones **aportan a la mezcla de hormigón** deben ser tenidos en cuenta al establecer las proporciones de éste
- Para el **transporte y almacenamiento de las adiciones** minerales pulverulentas rigen las **mismas disposiciones que para el cemento**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Contenido	TdH - TEMA 6 – ADITIVOS Y ADICIONES
	INTRODUCCIÓN GENERAL
	● Necesidad actual de aditivos y adiciones
	● Diferencias entre aditivos y adiciones
	ADITIVOS PARA HORMIGONES
	● Tipos y aplicaciones de aditivos
	● Aspectos reglamentarios y normativos
	● Reglas de buen uso y acopio de aditivos
	ADICIONES
	● Diferentes escuelas y modos de uso
	● Tipos de adiciones para hormigones
	FIBRAS COMO MATERIAL ADICIONAL
	● Tipos de fibras más empleadas en hormigones
● Limitaciones del uso de fibras	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

- Desde épocas remotas se han utilizado **fibras para el refuerzo de los materiales frágiles**, tales como fibras vegetales para reforzar la arcilla cocida

- A comienzos del siglo XX se produce el llamado **asbesto-cemento**, que puede ser considerado el primer HRF





- Actualmente se emplean:

- 1) **Fibras de acero**
- 2) **Fibras de vidrio**
- 3) **Fibras sintéticas** (nylon, polipropileno, acrílicas, poliéster)
- 4) **Fibras naturales**

- Recientemente se ha avanzado en el empleo de **fibras en H° de alta performance (HREFAP)**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

<p>Fibras de acero 1 ½" onduladas planas</p> 	<p>Fibras de acero 2" terminación de gancho</p> 	<p>Fibras de polipropileno monofilamento (1/2")</p> 
<p>Fibras de polipropileno multifilamento (3/4")</p> 	<p>Macrofibras sintéticas</p> 	<p>Fibras plásticas (2") planas onduladas</p> 

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

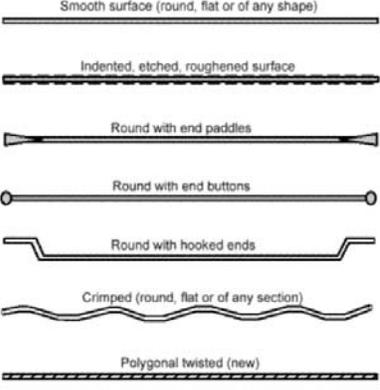
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

Fibras de acero

- Las **fibras de acero** trefilado son las de mayor aplicación en el **H° Estructural** y su **tamaño recomendado es 2 x TMN**
- Deben ser **finas, largas y resistentes, flexibles**, no frágiles, **estables en medio alcalino** y **no atacables** por los componentes del CP
- Existen fibras de acero con **resistencia entre 280 y 2800 MPa** y los alargamientos de rotura desde 0,5 hasta 35% y formas muy variadas
- Muchas fibras se **presentan separadas**, pero la mayor parte se presenta en **forma de paquetes** de 10 a 30 fibras unidas por un compuesto soluble en agua



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

Fibras de acero

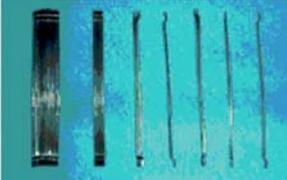
- Su contenido oscila entre **20 y 100 kg/m³** (0,25 y 2% del volumen)
- Se definen por su **longitud, esbeltez** (entre 20 y 100) y su **forma**, textura y anclajes
- Las más empleadas son **l=35 mm - λ=50**

- Ventajas:

- Aumenta **resistencia al desgaste**, abrasión e **impacto**
- Incrementa la resistencia a tracción y flexión
- Mejora el **comportamiento post-fisuración**

- Aplicaciones:

- **H° proyectado** y revestimiento de túneles
- **Pavimentos** sujetos a tránsito pesado
- Industria del **hormigón prefabricado**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

Fibras metálicas

- La resistencia a compresión del hormigón casi no aumenta, pero si se valora la ductilidad que aporta y comportamiento post-fisuración
- En el país no hay Reglamentos para su uso, lo cual limita sus aplicaciones además que son costosas relacionadas con el m3 de hormigón,

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

Fibras metálicas

Tracción

Compresión

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

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

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones

Fibras plásticas o sintéticas



Aspecto de hormigón con fibras plásticas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 6 – ADITIVOS, ADICIONES Y FIBRAS PARA HORMIGONES

Fibras para hormigones



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO