


	<p>Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional <b>SAN RAFAEL</b></p>		<p>Control y Desarrollo de Hormigones</p>
	<p><b>REGLAMENTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CIRSOC 201:05</b></p> <p><b>HORMIGONES ESPECIALES Y ÚLTIMOS AVANCES</b></p> <p>Conferencista: <b>Ms. Ing. Maximiliano Segerer</b></p> <p><b>Ciudad de SAN RAFAEL</b> - 3 de mayo de 2013</p>		

	<p>Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional <b>SAN RAFAEL</b></p>		<p>Control y Desarrollo de Hormigones</p>
	<p><b>REGLAMENTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CIRSOC 201:05</b></p> <p><b>HORMIGONES ESPECIALES Y ÚLTIMOS AVANCES</b></p> <p>Conferencista: <b>Ms. Ing. Maximiliano Segerer</b></p> <p><b>Ciudad de SAN RAFAEL</b> - 3 de mayo de 2013</p>		

Hormigones especiales y últimos avances	
 <p>Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones</p>	<b>Contenido</b>
	● Ventajas competitivas y hormigones especiales
	● Empleo correcto de aditivos convencionales
	● Hormigones de alta resistencia y de alta performance
	● Otros hormigones especiales
	● Hormigones autocompactantes
	● Hormigón visto arquitectónico
	● Evaluación económica de hormigones especiales
● Conclusiones y perspectivas	

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances	
 <p>Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones</p>	<b>1- Ventajas competitivas y hormigones especiales</b>
	<b>10 Razones por las cuales el hormigón es el material de construcción ampliamente más utilizado en el mundo</b>
	<b>1<sup>era</sup>)</b> El hormigón tiene un <b>excelente comportamiento ante la acción del agua</b> sin una seria deterioración, lo que lo convierte en un material ideal para controlar, almacenar y transportar agua
	
<b>2<sup>da</sup>)</b> La facilidad con que los <b>diferentes elementos estructurales pueden diseñarse y moldearse</b> en una infinidad variedad de formas y tamaños	

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

**10 Razones por las cuales el hormigón es el material de construcción ampliamente más utilizado en el mundo**

**3<sup>era</sup>)** Es usualmente el **material de construcción más económico y siempre disponible** para una obra dada; es el material más **versátil**



**4<sup>ta</sup>)** Las estructuras de hormigón **requieren un mantenimiento mínimo**; no necesitando en general tratamientos sobre su superficie

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

**10 Razones por las cuales el hormigón es el material de construcción ampliamente más utilizado en el mundo**

**5<sup>ta</sup>)** Tiene una **elevada resistencia a la compresión** y se combina perfectamente con el acero, para formar el **hormigón armado**



**6<sup>ta</sup>)** Presenta un **moderado consumo de energía para su fabricación** (consumo comparado con el del acero)

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

**10 Razones por las cuales el hormigón es el material de construcción ampliamente más utilizado en el mundo**

7<sup>ma</sup>) Tiene una **muy buena durabilidad ante ambientes agresivos medios** y se cuenta con las herramientas y materiales para diseñar hormigones que mantengan su serviciabilidad aún en los **ambientes más severos**



8<sup>va</sup>) Existe una gran variedad de **técnicas y productos para el diagnóstico y reparación de estructuras de hormigón**, los cuales permiten la puesta en servicio rápidamente y la recuperación de estructuras

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

**10 Razones por las cuales el hormigón es el material de construcción ampliamente más utilizado en el mundo**

9<sup>na</sup>) Puede **diseñarse un hormigón "a medida", siendo resistente, durable y económico** para cada aplicación, situación y lugar




10<sup>ma</sup>) La **industria evoluciona constantemente** y brinda soluciones a infinidad de casos prácticos, existiendo en la actualidad una gran cantidad de **hormigones especiales**, desarrollados en los últimos años

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances

1- Ventajas competitivas y hormigones especiales



*Entonces... ¿el hormigón es perfecto?  
¿O tiene debilidades?*

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances

1- Ventajas competitivas y hormigones especiales

*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**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

*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**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

*Debilidades de los hormigones convencionales*

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

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

*Diferencias entre hormigones convencionales y especiales*

Hormigones convencionales	Hormigones especiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se emplean materiales y tecnologías usuales y disponibles en el medio</li> <li>- Existen los conocimientos e instalaciones para su producción</li> <li>- Sus normas tecnológicas y de cálculo figuran en los Reglamentos y Normas IRAM</li> <li>- Su comportamiento está ampliamente estudiado y las reglas de arte establecidas</li> <li>- Se pueden solicitar en cantidad y sin anticipo importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualmente, están en etapa de investigación y/o constante progreso a escala mundial</li> <li>- En ciertos casos, no existen localmente las tecnologías y/o conocimientos para su empleo o para su fabricación</li> <li>- No existen Reglamentos para su utilización o normas de ensayo</li> <li>- En Argentina, se está empezando a emplearlos primero en forma experimental y en varios casos en escala industrial</li> <li>- Falta de difusión en el medio</li> </ul>

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**


**1- Ventajas competitivas y hormigones especiales**

Hormigones convencionales	Hormigones especiales
Hormigón simple	Hormigón liviano
Hormigón armado	Hormigón pesado
Hormigón pretesado	H° reforzado con fibras
Hormigón premoldeado	Hormigón Coloreado
Hormigón bombeado	H° Alto Desempeño
Hormigón en masa	H° Alta Resistencia
Hormigón proyectado	H° Autocompactante
Hormigón ciclópeo	H° Arquitectónicos
Relleno dens. controlada	Hormigón Reciclado
Hormigón elaborado	Contracción compensada

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances	
Contenido	
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Ventajas competitivas y hormigones especiales</li><li>● Empleo correcto de aditivos convencionales</li><li>● Hormigones de alta resistencia y de alta performance</li><li>● Otros hormigones especiales</li><li>● Hormigones autocompactantes</li><li>● Hormigón visto arquitectónico</li><li>● Evaluación económica de hormigones especiales</li><li>● Conclusiones y perspectivas</li></ul>

Hormigones especiales y últimos avances	
2- Empleo correcto de aditivos convencionales	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Los aditivos se incorporan a un hormigón de buena calidad para <b>mejorar o potenciar alguna propiedad</b></li><li>- Los aditivos <b>no solucionan defectos</b> de un hormigón de mala calidad</li></ul> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Aditivos incorporadores de aire</li><li>2) Aditivos retardadores de fraguado</li><li>3) Aditivos acelerantes de endurecimiento</li><li>4) Aditivos fluidificantes o plastificantes</li><li>5) Aditivos superfluidificantes</li><li>6) Aditivos hidrófugos</li><li>7) Fibras plásticas o sintéticas</li><li>8) Otros aditivos y fibras</li></ol>	 <p>Siempre es recomendable 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>

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**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
- Estos aditivos deben ser siempre **incorporados en planta** con el agua de mezclado del mixer y **nunca en la obra**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**2) ADITIVOS RETARDADORES DE FRAGUADO**

- Se emplean cuando tiene que **retrasarse el inicio del fragüe** algunas horas, por una o más de las siguientes circunstancias:
  - Transporte del hormigón a importantes distancias (más de 50-80 km) o descargas lentas
  - 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



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**3) ADITIVOS ACELERANTES DE ENDURECIMIENTO**

- Se emplean cuando tiene que **acelerarse la ganancia de resistencias** en los primeros días, sin que implique acelerar el fragüe del hormigón:
  - Hormigonado en tiempo frío (igual hay que proteger los primeros días)
  - Aceleración de tareas de desencofrado y rotación de moldes
  - Aplicación más temprana de tensiones de postesado
  - Habilitación rápida de estructuras (ejemplo: puentes, pavimentos)



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

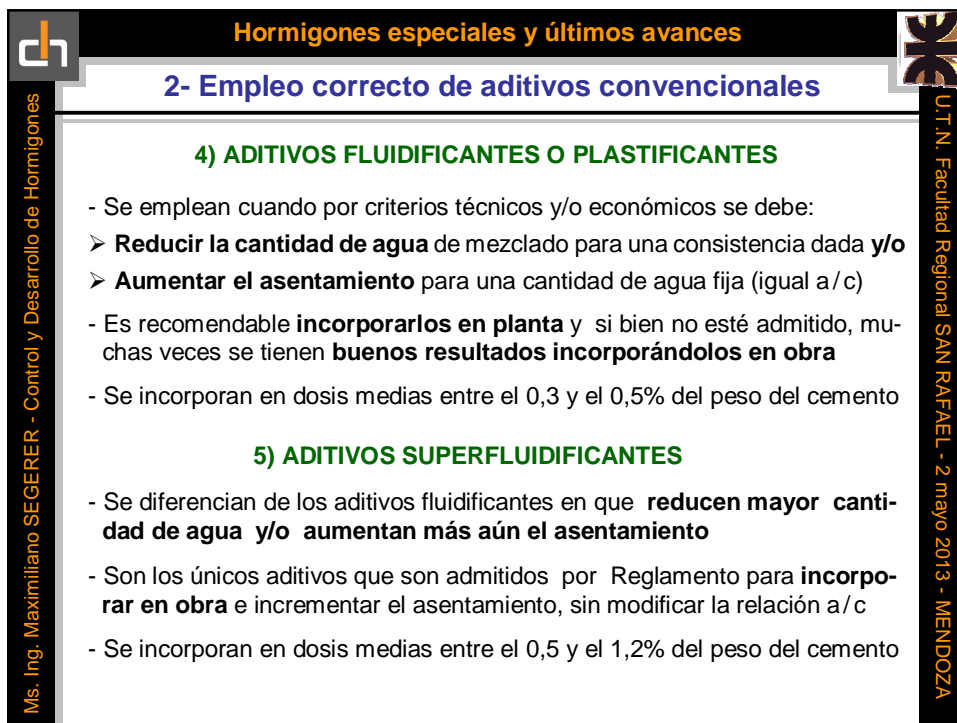
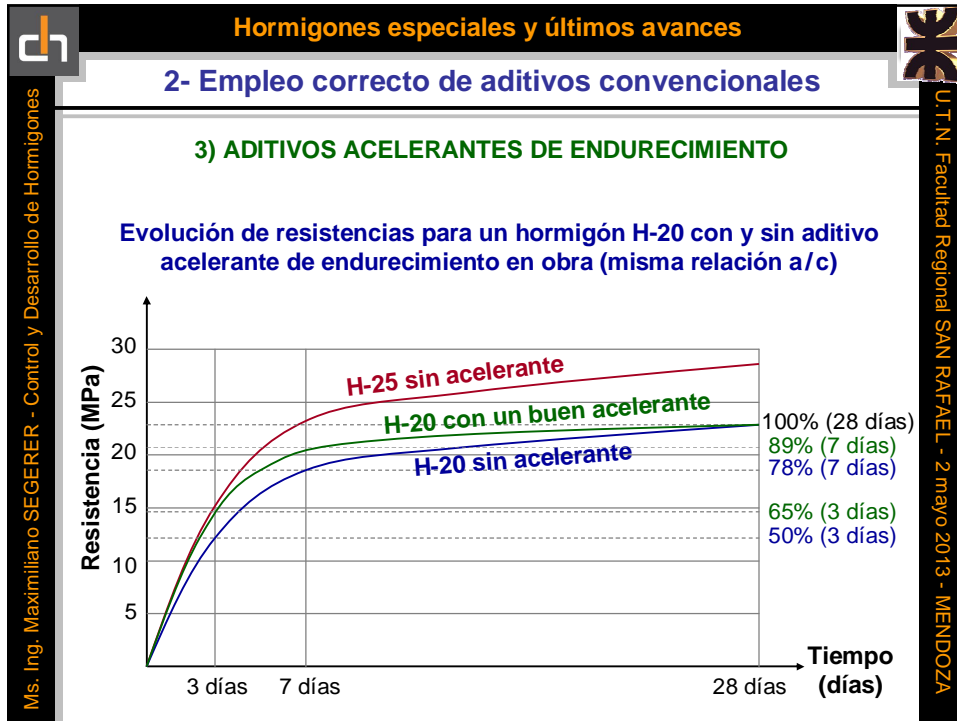
**3) ADITIVOS ACELERANTES DE ENDURECIMIENTO**

- 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
- Estos aditivos, por Reglamento, deben ser **incorporados en planta**, aunque **en obra pueden ser incorporados** ya que además son fluidificantes



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA



**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**5) ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES**



**Sin aditivo**  
A = 5 cm



**Con fluidificante**  
A = 12 cm



**Con superfluidificante**  
A = 17 cm

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**6) ADITIVOS HIDRÓFUGOS**

- Son muy empleados en nuestro medio, siendo muy difícil en la práctica verificar su performance, si no es por el comportamiento en algunos 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 hasta un 25%, 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)**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**6) 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 20 a 30%; 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



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**7) FIBRAS PLÁSTICAS O SINTÉTICAS**

- Si bien las fichas técnicas de las fibras polipropileno especifican que:
  - **Reducen la fisuración del hormigón fresco**
  - Disminuyen la permeabilidad del hormigón
  - Incrementan la resistencia al impacto y abrasión
  - 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 2 a 4 cm a igual cantidad de agua

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**8) OTROS ADITIVOS Y FIBRAS**

- En la actualidad existen un sinnúmero de aditivos para modificar positivamente alguna de las propiedades del hormigón elaborado, como:

- **Anticongelantes:** reducen la temperatura de congelación del agua y si se incorporan, igual debe protegerse el hormigón de las bajas temperaturas
- **Hiperfluidificantes y modificadores de viscosidad:** condición necesaria pero no suficiente para lograr hormigones autocompactantes
- **Inhibidores de corrosión o reacción álcali-agregado:** para brindarle al hormigón una mayor durabilidad, no siendo empleados en el país. Es recomendable contar con antecedentes de buena performance de estos aditivos a largo plazo



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**8) OTROS ADITIVOS Y FIBRAS**

- **Acelerantes de fragüe:** para ciertas aplicaciones, como hormigón proyectado, y en ciertos casos en la industria del prefabricado
- **Espumígenos:** para lograr rellenos de densidad controlada u hormigones alivianados, reduciendo entre el 30 y 50% la masa del hormigón
- **Expansivos o de contracción compensada:** cuando deben minimizarse o controlarse ajustadamente variaciones volumétricas del hormigón



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**2- Empleo correcto de aditivos convencionales**

**8) OTROS ADITIVOS Y FIBRAS**

➤ **Fibras de acero:** para ciertas aplicaciones, tales como estructuras sometidas al desgaste o abrasión extrema, para hormigón proyectado u otras especificaciones del proyecto, puede solicitarse al proveedor hormigón reforzado con fibras de acero. Su necesidad siempre debe estar avalada por el ingeniero o proyectista de la estructura




Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**Contenido**



- Ventajas competitivas y hormigones especiales
- Empleo correcto de aditivos convencionales
- **Hormigones de alta resistencia y de alta performance**
- Otros hormigones especiales
- Hormigones autocompactantes
- Hormigón visto arquitectónico
- Evaluación económica de hormigones especiales
- Conclusiones y perspectivas

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

H
Hormigones especiales y últimos avances
K

3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance

*Definiciones de Hormigón de Alta Resistencia (H.A.R.)*

- La definición de HAR **no puede ser considerada estática**, ni el tiempo ni en el lugar que se considere. En el país, hace 15 años, hormigones H-40 eran considerados como HAR, mientras que ahora son H° convencionales
- La definición es tomada en base a **cual es la resistencia que puede alcanzarse empleando materiales y técnicas convencionales**
- Actualmente, **ACI 363R-98** define a un hormigón de alta resistencia (HAR) como aquél que tienen una **resistencia especificada** ( $f'c$ ) a compresión  **$\geq 50$  MPa**, aunque se establece que el cambio de comportamiento de hormigón convencional a HAR se da a los 55 a 60 MPa
- El **Eurocódigo 2** define como HAR las **clases C50/60 y superiores**
- En Argentina, el **CIRSOC 201-05** establece tres clases resistentes que pueden ser consideradas como HAR: **H-45, H-50 y H-60**

Hormigón Convencional	H° Alta Resistencia	H° Muy Alta Resistencia	H° Ultra Alta Resistencia
< 50 MPa	de 50 a 100 MPa	de 100 a 150 MPa	> 150 MPa

H
K

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

H
Hormigones especiales y últimos avances
K

3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance

*Materiales constituyentes para H.A.R.*

- Los H.A.R. se producen con **materiales de alta calidad**, cuidadosamente seleccionados y con la **optimización del diseño de la mezcla**
- 1) **Cemento**: Cementos de uso corriente CP40 y CP50 - Pueden ser ARI
- 2) **Agregados**: Componente fundamental - CONTROL DE CALIDAD  
Agregados resistentes, limpios y con buena capacidad adherente  
No es indispensable el empleo de agregados triturados (< H-80)
- 3) **Agua**: Debe cumplir con los requisitos mínimos según Norma IRAM
- 4) **Aditivos**: Reductores de agua de alto rango - INDISPENSABLE  
Es muy importante la compatibilidad aditivo - cemento + adiciones  
Otros aditivos: Retardadores de fragüe e incorporadores de aire
- 5) **Adiciones**: Empleadas microsílíce (MS) y cenizas volantes (CV)  
Para resistencias superiores a 80 MPa es indispensable CV ó MS y superiores a 100 MPa es casi obligada la adición de CV+MS ó MS  
Relación agua / material cementíceo (a/c): En general entre **0,20 y 0,35**


H
K

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**



*¿Cuáles son las máximas resistencias alcanzadas en la actualidad?*

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue su evolución?*

Lugar: **Canadá y Estados Unidos** ← **1964**

**Suceso** Se construyen dos edificios, en los cuales mediante aditivos fluidificantes de bajo rango, logrando por primera vez resistencias de **40 MPa**. Estos edificios son Place Victoria en Montreal de 194 metros y el Marina City en Chicago de 198 metros de altura



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Lugar: **Canadá** ← **1975**

**Suceso** Se construye la estructura más alta del mundo, hasta el año 2009. Se trata de la CN Tower, en Toronto, de 458 metros de estructura de **hormigón H-50** (553 metros en total)



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Lugar: **Estados Unidos** ← **1975**

**Suceso** Se construye el edificio más alto del mundo con estructura de hormigón. El Water Tower Place en Chicago tiene 260 metros de altura y se emplearon hormigones de **60 MPa**, utilizando por primera vez **aditivos superfluidificantes** (reductores de agua alto rango); los cuales son el principal responsable de los HAR



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Lugar: *Estados Unidos* ← 1987

**Suceso** Se emplean por primera vez combinados la adición de microsilíce y aditivos superfluidificantes, logrando las mayores resistencias en aplicaciones en obras de envergadura a la fecha: **130 MPa**. El Two Union Square de Seattle tiene 230 metros de altura



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Lugar: *Estados Unidos* ← 1991

**Suceso** Se construye el edificio de hormigón armado más alto del mundo, empleando hormigones con resistencias de **85 MPa**. El 311 South Wacker de Chicago tiene 293 metros de altura



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

### 3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance

¿Cómo fue la evolución de las resistencias?

Lugar: **Malasia** ← **1998**

**Suceso** Por primera vez, un edificio de hormigón armado es el más alto del mundo. Las Torres Petronas, diseñadas por el Arquitecto argentino César Pelli, tienen una altura total de 452 metros, superando a la Torre Sears. Para su construcción se emplearon hormigones con resistencias entre **40 y 80 MPa**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

### 3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance

¿Cómo fue la evolución de las resistencias?

Lugar: **Taiwán** ← **2005**

**Suceso** Se bate un nuevo récord en altura de edificios. En este caso el Taipei 101, con estructura de hormigón armado, alcanza los 452 metros su último nivel y los 508 metros de altura (**H-60 – H-80**)



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Lugar: **Argentina** ← **2009**

**Suceso** Se inaugurará el edificio más alto de Argentina, la Torre Cavia - Le Parc - Figueroa Alcorta, con 44 pisos y una altura de 173 metros; diseñado con una estructura de hormigón armado, habiendo empleado hormigones de resistencias de hasta **70 MPa**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Lugar: **Dubai** ← **2010**

**Suceso** El 4 de enero 2010 se inaugura el edificio más alto del mundo con 818 metros de altura, el Burj Kalifa. Está compuesto de una estructura de hormigón armado hasta los 500 metros y por arriba estructura metálica. Se emplearon 420.000 m<sup>3</sup> (**H-40 – H-60**)



Kate's Video Cutter (Free)

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

**Suceso**

Torres del Yacht  
H-60 – HAC

En la actualidad se emplean en nuestro país hormigones **H-60** y **H-80** en edificios de altura. Asimismo, cabe destacar que estos hormigones no son contemplados por el Reglamento

Lugar: **Argentina** ← **2011**




Madero Office  
H-60 – H-80 – HAC

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Cómo fue la evolución de las resistencias?*

Próximos rascacielos que se encuentran en construcción

2015 Shenzhen (China)	2014 Shangai (China)	2014 Tianjin (China)	2016 Seul (Corea)	2013 New York (USA)	2016 Guangzhou (China)
-----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------

Lugar: **China** ← **2016**









Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Hormigones de alta resistencia o de alto desempeño?*

- No siempre la propiedad más importante en un proyecto es la resistencia final de la estructura (capacidad de resistir esfuerzos en servicio)
- Por ello, la elección de H.A.R. **sólo el 25 al 35% de las veces se realiza con el objeto de alcanzar altas resistencias**
- La elección en el 65-75% restante se realiza por los **beneficios adicionales** que trae aparejado el empleo de elevadas resistencias, originando el concepto de **H° de alto desempeño (HAD) o alta performance (HAP)**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Hormigones de alta resistencia o de alto desempeño?*

- Las **propiedades buscadas**, sin ser excluyente, en H.A.D. pueden ser **una o más de las siguientes**:
  - Alta resistencia inicial (habilitación rápida de estructuras)
  - Alto módulo de elasticidad (baja deformabilidad)
  - Alta resistencia a abrasión
  - Elevada durabilidad en ambientes severos
  - Incremento de la vida útil de las estructuras
  - Baja permeabilidad y difusión
  - Resistencia al ataque químico de ambientes agresivos
  - Alta resistencia a la congelación y deshielo
  - Tenacidad y resistencia al impacto
  - Facilidad de colado



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


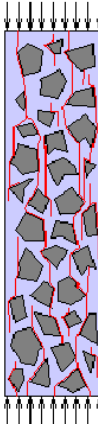
U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*¿Porqué son más resistentes y durables?*

- En los hormigones convencionales “el eslabón más débil” es siempre **la interfaz pasta – agregado** que presenta ciertas debilidades estructurales y una porosidad más elevada
- Debido a que el agregado por lo general es más resistente que la pasta de cemento; **deberá incrementarse la resistencia** de esta última, **disminuyendo su porosidad**
- Esto se logra con **bajas relaciones a/c**, empleo de **aditivos** reductores de agua de alto rango y **la densificación de la interfaz** con ayuda de **adiciones activas**, logrando así que ambas fases sean más resistentes (y menos porosas)
- Por ello, al **disminuir la porosidad** no sólo se **incrementa la resistencia**, sino se **aumenta la durabilidad del hormigón** ante diferentes ambientes de exposición; siendo **mayor** cuantitativamente el **incremento de la durabilidad**



**H° Conv.**      **H.A.R.**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Además de edificios...*

*¿En qué otras obras se emplean  
Hormigones de alto desempeño?*



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ejemplos de H.A.D.** Lugar: **Noruega** ← **1986**

**Suceso** Inauguración de la Plataforma off-shore Gullfaks C, expuesta a ambientes de extrema. Fue una de las primeras obras en emplear hormigones diseñados por desempeño H-70 con microsílíce.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ejemplos de H.A.D.** Lugar: **Inglaterra y Francia** ← **1993**

**Suceso** Se inaugura el Eurotunnel, que conecta por medio del ferrocarril las localidades de Pas de Calais y Folkestone, siendo el túnel sub-fluvial más importante del mundo a la fecha con 50 km



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ejemplos de H.A.D.** Lugar: **Estados Unidos** ← **2002**

**Suceso** Se construye la catedral más grande del mundo, Our Lady of the Angels Cathedral, en California con una capacidad de 2800 personas sentadas. Se empleó hormigón masivo coloreado diseñado para una vida útil de 300 años



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ejemplos de H.A.D.** Lugar: **Argentina** ← **2003**

**Suceso** Comienza a ser mucho más económica la construcción de grandes autopistas con pavimentos de hormigón empleando con equipos de tecnología del alto rendimiento (TAR) en el país; con un rendimiento de 800 a 1800 metros lineales de autopista / día  
En 2003 se inaugura la autopista de la Ruta 7 de San Luis, entre Córdoba y Mendoza; empleando 370.000 m<sup>3</sup> de hormigón  
De 1996 a 2006 se colocaron 1.675.000 m<sup>3</sup> de hormigón con TAR  
De 2007 a 2010 se prevé la colocación de 2.400.000 m<sup>3</sup> con TAR



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Ejemplos de H.A.D.*

Lugar: **Francia** ← **2005**

**Suceso** Se termina de construir el Viaduc de Millau, el puente con pilares más altos del mundo, que sobrepasan los 270 metros de altura



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Ejemplos de H.A.D.*

Lugar: **China** ← **2009**

**Suceso** Se finaliza la construcción de la presa más grande del mundo (27.900.000 m<sup>3</sup> de hormigón). La Presa Three Gorges, es el mayor aprovechamiento hidroeléctrico del mundo y la obra donde mayor volumen de hormigón se empleó (triplicando al segundo)



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ejemplos de H.A.D.**

**Lugar: China** ← **2011**

**Suceso** Ubicado en Quingdao es el puente más largo del mundo con una longitud de 164,8 km en total y luces de promedio de 80 metros. Se concluyó en 2011 después de 4 años, empleando más de 10.000 trabajadores y un costo de U\$S 8,5 billones.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**

Construcción de la obra civil de la primera antena de la Agencia Espacial Europea (ESA) en América, existiendo otras dos antenas de diseño análogo en Australia y España

Principales tipos de hormigones empleados en el proyecto:

- H-30 masivo para platea, con Módulo E de 32 GPa a 1 año
- H-40 para tabiques, vigas y losas, con Módulo E de 34 GPa



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**


**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**

La problemática surgió debido a que para hormigones H-30 y H-40 elaborados con materiales locales de Mendoza se obtienen módulos de 25 a 28 GPa aprox., estando lejos de lo requerido

Para conformar estas especificaciones, se diseñaron **hormigones de alto desempeño alcanzando resistencias elevadas** (no obtenidas en la Región a la fecha) **para lograr la rigidez requerida**

En primera instancia se propuso trabajar con agregados basálticos triturados traídos de otra provincia; sin embargo se decidió por criterios técnico-económicos **trabajar con agregados rodados locales y cementos de producción próxima a la obra**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**


**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**

**Propiedades del Hormigón Fresco**

La demanda de agua para mezclas con CPN 40 y CPF 40 con o sin adiciones, no varió de manera considerable, **disminuyendo un 6% en promedio la demanda de agua al sustituir cemento por adición mineral**, aunque ésta presenta mayor finura

Para mezclas con **CPP 40**, la demanda es entre un **5 y un 10% superior** que para el caso de los otros cementos, disminuyendo levemente también con la adición. Las relaciones agua / aglomerante son bajas, con valores de 0,27 a 0,33 en general.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**

**Recomendaciones para las dosificaciones de obra**

- Para la **platea masiva** (32 GPa), aunque no se consigan los módulos más elevados:  
Emplear CPP 40 con un contenido de adición próximo al 15-20%, maximizando a su vez la cantidad de aditivo al límite de segregación (0,55% peso) y empleando agregados de cantera SR, no recomendando los agregados gruesos MG.
- Para el caso de los **tabiques y demás elementos** (34 GPa):  
Emplear CPN 40 con un contenido de adición del 12 al 15% y agregados próximos a las obras (MZ para dovelas y SR para hormigones in situ), utilizando la máxima dosis compatible en planta de aditivo (0,60%).

En todos los casos se maximizó el contenido de agregado grueso (1030-1060 kg/m<sup>3</sup>) para incrementar los módulos estáticos

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**



Preparación para el hormigonado de la platea de fundación

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Encofrados de tabiques principales

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Encofrados de tabiques principales

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Sistema de "carpas" para hormigonado en tiempo frío y protección

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Hormigonera in-situ de capacidad de 1 m<sup>3</sup> empleada para toda la obra

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Hormigonado por bombeo de tabiques (Ver medidas de protección)

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Sistema de calefacción entre tabique y "carpas" mantenido durante 10 días

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Desencofrado de tabiques

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Hormigonado de losa interior

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Dovelas prefabricadas ya trasladadas a obra

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Montaje de dovelas prefabricadas y ensamblado en obra

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Montaje de dovelas prefabricadas y ensamblado en obra

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Montaje del anillo superior para vincular las dovelas prefabricadas

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Encofrado de vigas y anillo de vinculación de dovelas

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Construcción de la Antena DS3 - Malargüe*



Obra civil de hormigón armado concluida

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**



Antena montada

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Construcción de la Antena DS3 - Malargüe**

**Resultados de Control de Calidad en Obra**

Elementos hormigonados	Descripción dosificación	Resistencias (MPa)		Módulos (GPa)	
		28 d	1 a 5 d	28 d	1 a 5 d
					



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones**

**U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA**



**Todas estas obras no hubieran sido posible sin el avance de la tecnología del hormigón y el trabajo interdisciplinario entre las diferentes partes involucradas en el proyecto**

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones**

**U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA**

**Ventajas competitivas de los Hormigones de alto desempeño**

**1) Resistencia**

- Resistencias de 3 a 6 veces las de H° convencionales, obteniendo secciones más esbeltas y menor peso propio de la estructura
- Mayor rigidez y control de deformaciones (edificios de altura y puentes)
- Reducción de armaduras de corte
- Facilidad de aplicación de cargas a edades tempranas (ej. industria del prefabricado) y rápida puesta en servicio
- Pueden diseñarse a 56 y 90 días logrando importantes ahorros económicos y disminuyendo el impacto ambiental de la industria
- Importantes ventajas y libertades para arquitectos e ingenieros en el diseño de todo tipo de obras y elementos estructurales



**NOTA: Mayor fragilidad y su rotura puede presentarse sin preaviso, de todas formas en la ductilidad de la estructura participan más el diseño y detallado de las armaduras que la baja deformabilidad del hormigón**


**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ventajas competitivas de los Hormigones de alto desempeño**

**2) Durabilidad**

- Muy baja permeabilidad al agua y cloruros (corrosión), por la gran compacidad que adquieren la pasta cementícea y la interfaz
- Mayor resistencia a ciclos de congelación y deshielo en climas fríos
- Inhibición mediante adiciones de la reacción álcali-agregado
- Mejor resistencia a ataques de sulfatos, ácidos y bacterias
- Mayor resistencia a la abrasión
- Incremento considerable de la vida útil de las construcciones
- Empleo de hormigones sustentables, considerando el ciclo de vida de materiales



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Ventajas competitivas de los Hormigones de alto desempeño**

**3) Economía**

- Incremento de la productividad debido a la rápida construcción y/o rotación de encofrados
- Reducción de la masa de construcción y del costo de fundaciones asociado
- Incremento de la vida útil de la construcción
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Gran trabajabilidad en estado fresco, ya que poseen una fluidez elevada sin riesgo de segregación ni de exudación
- Mayor espaciamiento entre columnas y mayores luces libres, permitiendo libertades de diseño y mejor aprovechamiento de superficies
- Óptimo aprovechamiento del terreno en ciudades muy pobladas  
Ej.: Central Plaza Hong Kong Terreno U\$S 400M - Edificio
- Si bien el m<sup>3</sup> de H.A.D. es más costoso, evaluando todos los factores que influyen en el proyecto suelen ser muy convenientes (ahorro \$\$\$)




Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**



*¿Cuáles son las máximas resistencias alcanzadas en la actualidad?*

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**


**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

**Hormigones de ultra-alta resistencia**

- Su desarrollo comenzó a fines de los '90 y también son conocidas como hormigones de polvo reactivos, con resistencias de > 150 MPa
- Existen varias patentes comerciales y no son disponibles en grandes volúmenes (morteros pre-embolsados), restringiendo sus aplicaciones



- Generalmente son curados aceleradamente (4 días a 90 °C) y se obtienen resistencias de hasta 230 MPa
- De no ser curados al vapor, se obtienen resistencias de 100 MPa a las 24 horas
- En general son reforzados con fibras y tienen carácter autocompactante



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**3- Hormigones de alta resistencia y de alta performance**

*Hormigones de ultra-alta resistencia*

**Silo en Joppa (Illinois)**  
Compr.: 220 MPa  
Flexión: 50 MPa

**Puente en Sherbrooke**

**Estación en Calgary (Canadá)**

**Compr.: 160 MPa**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**Contenido**

- Ventajas competitivas y hormigones especiales
- Empleo correcto de aditivos convencionales
- Hormigones de alta resistencia y de alta performance
- **Otros hormigones especiales**
- Hormigones autocompactantes
- Hormigón visto arquitectónico
- Evaluación económica de hormigones especiales
- Conclusiones y perspectivas

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigones coloreados**

- El hormigón coloreado es un material que ofrece patrones de belleza diferenciados, quiebra la monotonía de las construcciones y puede ser más económico como terminación de superficies, además de reducir el mantenimiento
- Su utilización en otros países está ampliamente difundida y en América Latina existe una tendencia creciente a su utilización, con recientes aplicaciones en nuestro país
- **Aplicaciones:** hormigones vistos arquitectónicos, control de calidad de grandes obras, bloques y adoquines de hormigón
- Además de la calidad del hormigón como material, deben ser extremadamente cuidadosas todas las tareas de puesta en obra



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigones coloreados**

- Los hormigones coloreados se producen con:
  - 1) Cementos coloridos o blancos
  - 2) Pigmentos (2 al 5% del peso cemento)
- Al usar de pigmentos y cemento portland blanco se obtienen los mejores resultados
- Los agregados, agua, aditivos, encofrados y curado no deben decolorar el hormigón



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

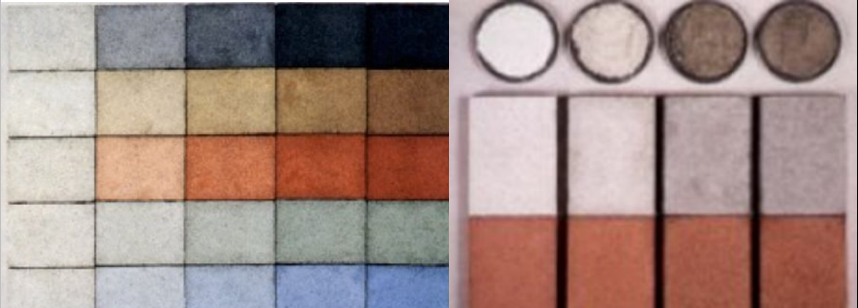
U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigones coloreados**

- Los Pigmentos deben presentar las siguientes características:
  - Ser inertes con los demás componentes del hormigón o mortero
  - Insolubles en agua
  - Resistente a los álcalis
  - Resistentes a la acción a la luz y a la intemperie
  - Posibilidad de mezclarse fácilmente con el cemento
- En nuestro país actualmente se dispone de algunas marcas comerciales



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigones coloreados**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones



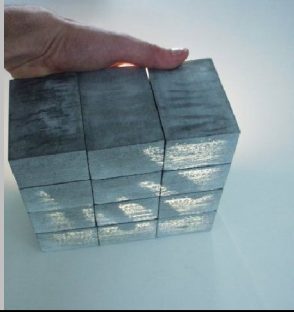
U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón traslúcido**

- Se trata de bloques de H° con fibras ópticas orientadas y paralelas y los mismos pueden usarse para fines estructurales
- El aspecto sombrío del hormigón es superado y tiene un fuerte impulso comercial, pese a que su costo es muy elevado
- Fue patentado en 2004 por un Arq. húngaro



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón traslúcido**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón fotografado**

- Hormigón obtenido mediante la "impresión" en los encofrados de diferentes dosis de aditivos (retardadores superficiales), que pueden ser quitados al desmoldar



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón con agregado expuesto**

- Se obtiene mediante la aspersión de retardantes sobre la cara expuesta y una vez que ha fraguado, se quita la capa superficial mediante hidrolavado

1- Piedra 0-3 Mtra arenada

2- Piedra 3-10 Mtra Lavada sin finos

3- Piedra 3-10 Mtra arenada (sin finos)

4- Piedra 0-3 Mtra lavada

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón con agregado expuesto**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones



U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigones reciclados**

- Según el Eurocódigo 2, los hormigones elaborados con agregados reciclados procesados de la trituración de H°, deberán cumplir con los mismos requisitos que se exigen a un hormigón convencional
- Los agregados reciclados presentan, en general: elevada absorción de agua, densidad media y desgaste moderado
- Pueden emplearse agregados gruesos y/o finos reciclados en diferentes porcentajes de sustitución de agregados naturales. Según varios estudios, los mejores resultados se obtienen sustituyendo hasta 40% del agregado grueso
- Las resistencias son similares y los parámetros de durabilidad disminuyen levemente, respecto a H°convencionales
- Tienen una gran importancia medioambiental y su empleo comienza a crecer



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón "verde"**

- El hormigón verde (green concrete), hormigón con alto contenido de adiciones u hormigón sustentable, está constituido por material cementante que contiene más del 40% de adiciones que no son clinker. La producción de clinker es la responsable del 8% de la contaminación mundial
- Surge como solución a problemas de índole tecnológico, económico y ecológico, ligadas a:
  - a) La producción del cemento
  - b) La necesidad de la eliminación de pasivos producidos por otras industrias (cenizas, escorias, microsílíce)
- Fundamentalmente se reduce la contaminación ambiental y cae el consumo de recursos naturales no renovables requiriendo menos energía, además de obtener H° de mayor durabilidad que si se utilizara sólo CPN
- Esta tendencia está muy arraigada en nuestro país en los últimos 10 años, acompañando los lineamientos de la comunidad europea



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón liviano estructural**

- En algunas provincias, existe **producción de agregados livianos** para hormigones, como la arcilla expandida (Ieka) o escorias de alto horno
- En función del tipo de agregado, el **peso específico del hormigón** puede estar entre **1500 y 1900 kg/m<sup>3</sup>**, siendo en promedio un 30% más liviano que un hormigón convencional
- Las categorías resistentes que pueden obtenerse oscilan de **15 a 40 MPa**; debiendo siempre consultar la disponibilidad económica en la región
- Si se los considera desde el proyecto mismo, con el empleo de estos hormigones se puede:
  - Disminuir el peso propio de estructuras
  - Aumentar la resistencia al fuego
  - Aumentar el confort termo-acústico
  - Reducir costos de calefacción / refrigeración



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

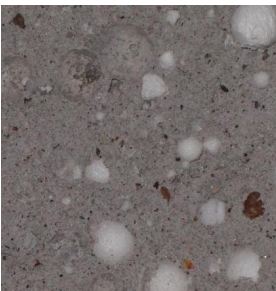
U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Hormigón alivianado (no estructural)**

- Son **muy solicitados** a los proveedores de hormigón elaborado, debido a la **incomodidad y lentitud de producción en obra**, cuando es necesario:
  - **Aislación térmica** en viviendas o azotea de edificios, ya que su coeficiente de **conductividad térmica** es **2 a 8 veces inferior** que un H° convencional
  - **Brindar pendientes** en estructuras, alivianando las mismas
- Su peso específico se regula entre 800 y 1600 kg/m<sup>3</sup> y pueden elaborarse:
  - Empleando **agregados livianos** (ej: pomeca)
  - Empleando perlitas de **poliestireno expandido**
  - Empleando **aditivos espumígenos**
- No todos estos hormigones son bombeables, debiendo tener en cuenta la dosificación (contenido de cemento, peso específico) y la eficiencia de los medios de colocación para hormigones alivianados



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Relleno de densidad controlada (RDC)**

- 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



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Relleno de densidad controlada (RDC)**

- En función de sus **aplicaciones y requisitos**, como la posibilidad o no de **su futura excavación**, las **densidades varían entre 1600 a 2000 kg/m<sup>3</sup>**
- El RDC fundamentalmente **reemplaza al suelo compactado**, sin la **incertidumbre e influencia** de la **mano de obra** de éste, o en algunos casos la **imposible accesibilidad** para su compactación, además de **agilizar el avance** en gran forma de los proyectos en los cuales se emplea



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Relleno de densidad controlada (RDC)**

- Cuando se emplea para el **relleno de zanjas y camas de conductos**; debe evaluarse siempre si en un futuro **puede o no ser necesaria una nueva excavación**, debiendo especificar al proveedor:
  - Resistencia < 0,5 MPa → Posteriormente excavable a mano
  - Resistencia 0,5 a 1,0 MPa → Posteriormente excavable a máquina
  - Resistencia > 1,0 MPa → No excavables



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Relleno de densidad controlada (RDC)**

- Otras de las principales aplicaciones es el **recalce de fundaciones o estribos** o el **llenado** de huecos, depresiones, hundimientos, pase de instalaciones, etc. de **imposible acceso para la compactación del suelo**
- En estos casos, la elevada fluidez del RDC y la resistencia garantizada (sin vibrado) superior a un suelo compactado, permite garantizar el apoyo y transferencia de cargas al terreno



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

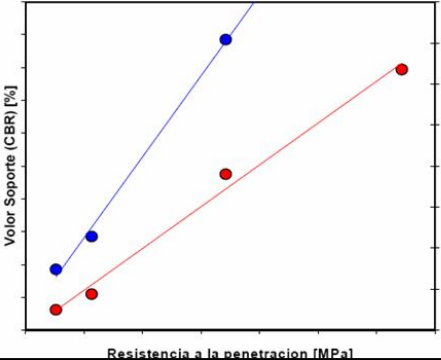

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**

**Relleno de densidad controlada (RDC)**

- En los casos que es **costoso conseguir suelos apropiados** para las **subbases** de pavimentos, **son aplicables los RDC** por su bajo costo
- La superficie expuesta de un relleno efectuado con RDC posee **baja resistencia al desgaste y alta permeabilidad**, razón por la cual siempre es necesario colocar un **recubrimiento o pavimento** de espesor adecuado



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**4- Otros hormigones especiales**


**Relleno de densidad controlada (RDC)**

- Entre las principales **ventajas**, figuran:
  - Reduce los costos de excavación
  - Resistente y no erosionable
  - Habilitación rápida de caminos sobre zanjas rellenas
  - 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



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances	
<b>Contenido</b>	
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Ventajas competitivas y hormigones especiales</li><li>● Empleo correcto de aditivos convencionales</li><li>● Hormigones de alta resistencia y de alta performance</li><li>● Otros hormigones especiales</li><li>● <b>Hormigones autocompactantes</b></li><li>● Hormigón visto arquitectónico</li><li>● Evaluación económica de hormigones especiales</li><li>● Conclusiones y perspectivas</li></ul>

Hormigones especiales y últimos avances	
<b>5- Hormigones autocompactantes (HAC)</b>	
<b>Reseña histórica</b>	
<p>- Por mucho tiempo la <b>compactación del hormigón ha sido un tema de gran preocupación</b> en la Ingeniería, dada la importancia que tiene este proceso en el producto de hormigón terminado</p>	
1985: Comienza el desarrollo en Japón (Prof. Okamura)	
1988: Primeras pruebas a escala de obra en Japón	
1998: 1er Simposio Internacional sobre HAC	
A partir del 2000 gran cantidad simposios y congresos	
2001: Lomax coloca los primeros HAC en Buenos Aires	
2006: En Mendoza se comienza a despachar HAC	

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**


**Importancia del HAC**

- Según la mayor parte de los investigadores y tecnólogos, **el HAC es el hormigón del futuro** ya que actualmente es el **material de mayor proyección en la industria de la construcción**

- Es importante recalcar que los **aditivos hiperfluidificantes** de última generación tienen un rol muy importante, en la aparición y desarrollo de los HAC, pero si:

- a) No se cuenta con materiales componentes de calidad
- b) No existe un adecuado sistema de seguimiento de las propiedades del hormigón
- 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 de la estructura 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**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**Definición de hormigón autocompactante**

- El Hormigón Autocompactante (HAC) es un **hormigón especial** con una **fluidez muy elevada sin que se presente segregación** y que es colado en obra **sin emplear energía de compactación, llenando perfectamente los encofrados y recubriendo las armaduras**, incluso en casos de congestión

- El empleo del HAC contribuye a **incrementar la productividad** y **mejorar el ambiente de trabajo**; además de lograr **hormigones con una excelente durabilidad** y una **perfecta terminación de las superficies**

**Combinación con otros hormigones especiales**

- ♦ HAC coloreado
- ♦ HAC modificado con polímeros
- ♦ HAC reforzado con fibras
- ♦ HAC de alta resistencia
- ♦ HAC liviano
- ♦ HAC reciclado



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**Mercado del HAC en la actualidad**

- El HAC tiene el potencial de reemplazar la mayor parte del hormigón vibrado convencional, pero algunos de los inconvenientes que se presentan son:

- 1) Mayor costo unitario, que aparentemente incrementaría el costo de la obra
- 2) No se evalúa el costo de la obra considerando todos sus componentes
- 3) Desconocimiento o escepticismo en nuestra Región
- 4) Falta de Normas de ensayo y Reglamentos de aplicación

**Argentina**


- Buenos Aires: 2%
- Mendoza: 0,5%

**Unión Europea**

- Hormigón Elaborado: 4-6%
- Premoldeados: 40-50%
- Dinamarca: 30%
- Suecia: 15%
- Noruega: Proyectos de alcanzar en 5 años el 50%

**Estados Unidos**

- Hormigón Elaborado: 4-6%
- Premoldeados: 50-70%



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**Comportamiento del hormigón fresco**

- La mayor parte de los ensayos del HAC han sido desarrollados para cuantificar y calificar diferentes propiedades en estado fresco

- Por su elevada fluidez **no son aplicables los ensayos tradicionales**

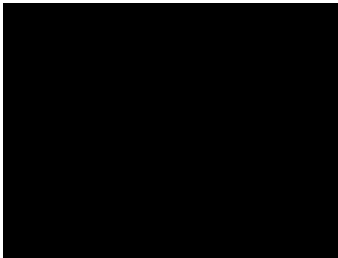
- Debido a la falta de normalización internacional, existe una **gran cantidad de ensayos** desarrollados por diferentes países e investigadores

- Los **principales parámetros** para juzgar la calidad del HAC en estado fresco son:

1	<b>Fluidez (Consistencia)</b>
2	<b>Segregación (Cohesividad)</b>
3	<b>Exudación</b>
4	<b>Poder autonivelante</b>
5	<b>Capacidad de pasaje</b>

- Se estudiarán:

- a) Ensayos para cuantificar estos 5 parámetros
- b) Propiedades del hormigón fresco en transporte y puesta en obra



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**a.1) Extendido con el Cono de Abrams**

- Con este sencillo ensayo pueden apreciarse 3 parámetros:

a.1) Diámetro de extendido (E)

a.2) Tiempo en alcanzar 50 cm de E ( $T_{50}$ )

a.3) Índice Visual (VSI)

- Es el ensayo más simple y mayormente empleado para caracterizar el HAC, debido a que brinda mucha información necesitando elementos de ensayo convencionales

++	1	Fluidez
+	2	Segregación
+	3	Exudación
-	4	Poder autonivelante
-	5	Capacidad de pasaje

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**a.1) Extendido con el Cono de Abrams**

- El **Índice de Estabilidad Visual (VSI)** es una calificación empírica, que consiste en **calificar de 0 a 3**, dependiendo el **aspecto de los bordes en y en el centro del ensayo de extendido** para juzgar la segregación del HAC

++	1	Fluidez
+	2	Segregación
+	3	Exudación
-	4	Poder autonivelante
-	5	Capacidad de pasaje

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**a.2) Caja en L (L-Box)**

- Consiste en medir la fluidez y la capacidad de pasaje del HAC
- Se coloca **el HAC en la parte vertical de la L**, retira verticalmente la tapa y el hormigón por su **propio peso tiende a pasar** entre las barras a la sección horizontal de la L
- Se miden las alturas del hormigón **a los 20 cm y a los 40 cm** y en función de la **diferencia de alturas** se mide la **aptitud del HAC**

++	1	Fluidez
-	2	Segregación
-	3	Exudación
+	4	Poder autonivelante
++	5	Capacidad de pasaje




Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**a.3) Caja en U (U-Box)**

- Consiste en medir el poder autonivelante y la capacidad de pasaje del HAC
- Se coloca **el HAC en una rama de la U**, se retira verticalmente la tapa y el hormigón por su **propio peso tiende a pasar** entre las barras a la otra rama de la U
- En función de la **diferencia de alturas** entre las dos ramas de la U se mide la **aptitud del HAC**

+	1	Fluidez
+	2	Segregación
-	3	Exudación
++	4	Poder autonivelante
++	5	Capacidad de pasaje





**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**a.4) Anillo J (J-Ring)**

- Es uno de los pocos ensayos que **está normalizado** en EE.UU. (ASTM C 1261-06)
- Es similar al de extendido, sólo que se coloca una **“jaula” de barras** para apreciar la **capacidad de pasaje o bloqueo**
- También se mide el **Índice visual** para estimar la segregación de la mezcla

++	1	Fluidez
+	2	Segregación
+	3	Exudación
-	4	Poder autonivelante
+	5	Capacidad de pasaje

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**a.5) Segregación estática**

- Se deben realizar cortes sobre probetas de hormigón o extraer testigos de la parte superior e inferior de la estructura
- Se aprecia visualmente la estabilidad o segregación estática con ayuda del VSI

-	1	Fluidez
++	2	Segregación
-	3	Exudación
-	4	Poder autonivelante
-	5	Capacidad de pasaje

**0**

**Estable**

No existe mortero en la superficie  
Agregados distribuidos uniformemente

**1**

**Estable**

Poco mortero en la Superficie. Pequeña acumulación de partículas finas

**2**

**Inestable**

Pasta de cemento en superficie  
Agregados mal distribuidos

**3**

**Inestable**

Importante capa de pasta de cemento en la superficie  
Mala distribución

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**b.1) Mezclado y Transporte del HAC**

- El mezclado y el transporte del HAC puede realizarse en **camiones hormigoneros convencionales**, siempre que se asegure un adecuado mezclado
- El **tiempo de mezclado es un poco superior** al de un hormigón convencional
- Si se prepara el HAC en planta, con el transcurso del tiempo puede producirse un fenómeno como la pérdida de asentamiento, llamado **"pérdida de extendido"**
- Debido a la fluidez la **capacidad útil del mixer** puede disminuir en  $0,5 \text{ m}^3$
- En caso de incorporar los aditivos en obra, se **mezclará el hormigón al menos 7 minutos** hasta apreciar el aspecto autonivelante del hormigón
- Este sistema tiene la ventaja de poder transportar en largos trayectos el hormigón, pero el inconveniente de necesitar en obra personal capacitado para darle el carácter autocompactante al hormigón mediante la incorporación de aditivos



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**b.2) Colocación del HAC**

- Debido a la elevada fluidez del HAC, se **disminuyen las presiones de bombeo** con lo que se logra:
  - ♦ **Mayores alturas de bombeo**, para un mismo equipo de bombeo
  - ♦ **Disminución notable de roturas**
  - ♦ **Agilización de la obra**
  - ♦ **Excelentes resultados si se bombea desde la parte inferior**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones



U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**b.2) Colocación del HAC**

- También puede colocarse con:
  - ◆ Descarga de la canaleta
  - ◆ Balde de hormigonado
  - ◆ Cinta transportadora
  - ◆ Volquetas
- Respecto a la **altura de caída**, según diversas experiencias la altura máxima de caída del hormigón sin segregación es superior a la del H° convencional



- Se ha constatado que con **alturas de caídas de 3 a 5 m**, habituales en obra, **no se segrega**
- La **velocidad de colocación**, debido a la ausencia de vibrado y la fluidez del HAC, es **muy superior** que para hormigones convencionales
- Estas propiedades, **aumentan la productividad**, lo que se presenta como una de las **principales ventajas competitivas** del HAC

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**b.3) Recubrimiento de armaduras**

- Aunque el hormigón no se vibrado, en las estructuras hormigonadas con HAC se logra una **excelente adherencia**
- Es una gran ventaja para zonas de congestión de armaduras, donde con el vibrado convencional no puede asegurarse una verdadera transferencia de esfuerzos



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**b.4) Presiones sobre encofrados**

- **Subestimar las presiones** de diseño del encofrado puede llevar a:
  - ♦ **Mala calidad** de construcción con deformaciones inadmisibles
  - ♦ Importantes problemas en lo que respecta a la **seguridad**
- Caso contrario, **sobrestimarlas** lleva a:
  - ♦ **Aumentos notorios en el costo** de la construcción
- Las presiones varían fuertemente con el tiempo y están influenciadas fundamentalmente por tres parámetros:
  - 1) **La velocidad de llenado** (m/hora)
  - 2) **El proceso de aumento de consistencia** (espesamiento)
- Las presiones máximas crean un equilibrio de ambos



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**Propiedades del hormigón endurecido**

- Es difícil encontrar HAC de categoría menor a H-30:
  - a) Elevado contenido de finos (principalmente cemento)
  - b) Empleo de aditivos de última generación
  - c) Se deben promocionar hormigones de resistencias medias y elevadas, para el mejor aprovechamiento de recursos y mayor durabilidad de las estructuras
- Por lo tanto, los HAC son hormigones de media y alta performance por sus propias características y ambientalmente amigables
- Se estudiarán las siguientes propiedades:
  - a) **Resistencia**
  - b) **Durabilidad**
  - c) **Uniformidad**
  - d) **Variaciones dimensionales**
  - e) **Comportamiento del HAC en estructuras**
  - f) **Terminación Superficial**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**a) Resistencia**

- Como se mencionó, en la gran mayoría de los casos, los HAC presentan **resistencias superiores a 30 MPa**
- Respecto a la evolución de resistencias, presentan curvas muy similares a las de hormigones convencionales de igual categoría

El gráfico muestra la resistencia a compresión en MPa en función de la edad de ensayo en días. El eje vertical (Resistencia a compresión) va de 0 a 40 MPa en incrementos de 5. El eje horizontal (Edad de ensayo) va de 0 a 28 días en incrementos de 3. Dos curvas se muestran: una roja para 'Hormigón Autocompactante' y una azul para 'Hormigón Convencional'. Ambas curvas son casi idénticas, mostrando un aumento rápido de resistencia hasta los 7 días (alcanzando ~25 MPa) y luego un crecimiento más lento hasta los 28 días (alcanzando ~35 MPa).

Edad de ensayo (días)	Hormigón Autocompactante (MPa)	Hormigón Convencional (MPa)
0	0	0
3	~18	~18
7	~25	~25
14	~30	~30
28	~35	~35

- La **resistencia a tracción es similar** a la de hormigones convencionales
- Con respecto al **Módulo de Elasticidad Estático y Dinámico** el **HAC presenta valores del 10-15% inferiores** que un hormigón convencional de igual categoría

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**b) Durabilidad**

- En general, son **hormigones libres de defectos y más durables**; presentan propiedades similares a hormigones convencionales de igual categoría
- Es muy importante destacar que en el hormigón colado en la estructura, **se eliminan los defectos de compactación** y con ello el **riesgo de debilidades en su vida útil**
- Ensayos realizados en el país, confirman que las propiedades de:
  - ♦ Penetración de cloruros
  - ♦ Coeficiente de succión capilar
  - ♦ Absorción
  - ♦ Permeabilidad al aire
  - ♦ Congelación y deshielose presentan **similares** a la de hormigones convencionales de igual resistencia
- De todos modos, la demanda de agua del HAC es superior a la de un hormigón convencional, por lo que a **igualdad de relación agua/cemento** presenta **mejores prestaciones el HAC**

La fotografía muestra un equipo de laboratorio utilizado para ensayos de durabilidad de hormigón. Se trata de una cámara de ensayo con un cilindro de hormigón dentro, conectado a cables eléctricos y un sistema de medición.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**c) Uniformidad**

- Ensayos realizados sobre estructuras, revelan una **mayor uniformidad del HAC** comparado con hormigones convencionales de igual categoría:
  - ◆ Menor variación de resistencias en altura de tabiques y columnas
  - ◆ La resistencia de testigos varía entre el 90 y 95% de la resistencia de probetas, cuando para el hormigón convencional estos valores son del 80 al 90%
  - ◆ Los coeficientes de variación de diferentes propiedades disminuyen
- Estas experiencias demuestran que es posible obtener **estructuras más homogéneas** y con **menor probabilidad de presencia de defectos de colocación**
- Además, en la obra no **se piensa en “ablandar” el hormigón** adicionando agua, con lo que **se elimina el riesgo de esta disminución de performance** del hormigón en la estructura que **muchas veces se hace “a escondidas”**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**d) Variaciones Dimensionales**

- Debido al **mayor contenido de pasta**, el HAC presenta en general **mayores variaciones dimensionales** comparado con un hormigón convencional:
  - ◆ **Incremento leve a moderado de contracción por secado**
  - ◆ **Incremento leve a moderado de fluencia lenta y creep**
- La magnitud del incremento depende de muchas variables como el tipo y contenido de cemento y adiciones, tipo y cantidad de agregados de diferentes tamaños, etc.
- Este **aumento de variación volumétrica** debe ensayarse en cada caso en particular, y se encuentra entre el **10 al 40%**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**e) Comportamiento del HAC en estructuras**

- Una de las **principales debilidades** del HAC es su **falta de reglamentación**
- De todas maneras, como se describió, presentan prestaciones similares o superiores a hormigones de igual categoría
- Debido a la **amplia experiencia en el mundo** en obras de edificación, no debe existir el prejuicio que el hormigón va a comportarse de manera diferente en estado endurecido debido a su extremada fluidez en estado fresco
- En Mendoza, se están realizando **ensayos a escala real para verificar el HAC en ciertos tipos de estructuras** y comparar los resultados con los obtenidos para hormigones convencionales



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**f) Terminación superficial**

- Una de las principales ventajas **muy valorable** desde lo **arquitectónico**, es la perfecta terminación superficial de los HAC
- Se necesitan **encofrados** con buena lisura superficial, sino se se presentarán defectos



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**f) Terminación superficial**

- Si el encofrado presenta **irregularidades**, intencionales o no, **el HAC lo plasmará en el hormigón endurecido**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**f) Terminación superficial**

- Muchas veces, se escoge el HAC por sus **excelentes condiciones estéticas**
- Para **pisos**, si se trabajan adecuadamente, se logra una **lisura muy buena** sin demasiado trabajo



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**Consideración del HAC en las diferentes etapas del proyecto**

- Para aprovechar **todo el potencial del HAC**, el mismo debe **tenerse en cuenta desde la concepción de la obra**. Sólo de esta manera:
  - ◆ El *arquitecto* podrá **diseñar formas esbeltas** o no convencionales y aprovechar las virtudes de un hormigón visto de excelente terminación
  - ◆ El *ingeniero* podrá **disponer sus armaduras** sin temor a defectos de vibrado
  - ◆ El *calculista* podrá disponer de la posible sobrerresistencia y **disminuir el volumen de hormigón y la cuantía de armaduras**
  - ◆ El *constructor* estará seguro que está realizando una **obra de calidad, sin el temor de obtener bajas resistencias**
  - ◆ El *cliente* podrá disponer de una obra **estéticamente agradable, resistente, durable y más económica**
- Ese es uno de los **principales aspectos a tener en cuenta**, ya que en este caso se maximizarán las **ventajas competitivas del HAC**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

**Aplicaciones**

**Video SHERATON**

**HAC en edificio sismo-resistente (Mendoza)**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

*Aplicaciones*

*HAC en Hotel 5 estrellas (Termas Río Hondo)*

Video TERMAS DEL RIO HONDO

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

*Aplicaciones*

*Industria del prefabricado (Estados Unidos)*

Video PREFABRICADO

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**

*Aplicaciones*

*Industria del prefabricado (Europa)*

Video PREFABRICADO

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**5- Hormigones autocompactantes (HAC)**


*Aplicaciones*

*Altar en Iglesia (Noruega)*

Video IGLESIA

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances	
Contenido	
	● Ventajas competitivas y hormigones especiales
	● Empleo correcto de aditivos convencionales
	● Hormigones de alta resistencia y de alta performance
	● Otros hormigones especiales
	● Hormigones autocompactantes
	● <b>Hormigón visto arquitectónico</b>
	● Evaluación económica de hormigones especiales
	● Conclusiones y perspectivas

Hormigones especiales y últimos avances	
6- Hormigón visto arquitectónico	
<p><b>Introducción</b></p> <p>En el mundo entero, el hormigón arquitectónico se utiliza masivamente debido a sus <b>cualidades estructurales, estéticas y económicas</b>. Nuestro país no es ajeno a la tendencia y cada vez pueden verse más obras de hormigón visto, eligiéndolo así no sólo por sus beneficios técnicos, sino también por pautas arquitectónicas.</p>	
	

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Introducción**

Probablemente el hormigón arquitectónico de calidad, es el **más difícil de obtener**, ya que deben tenerse en cuenta una cantidad muy importante de recaudos, y además de existir algún error, no admite reparaciones.

La **supervisión de todas las actividades** es de gran importancia para lograr los resultados deseados, debiendo emplear trabajadores capacitados con dedicación exclusiva a cada tarea. La variabilidad en el personal que ejecuta las actividades produce ineficiencias en el proceso, además de interrumpir la **especialización de la mano de obra**.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Introducción**

- ✓ Pensar en el concepto de “repetitividad”
- ✓ No tratarlo como un hormigón más en la obra
- ✓ Criterios particulares desde la concepción misma
- ✓ Necesidad de criterios constructivos especiales
- ✓ Definición de criterios de aceptación, los cuales no figuran en Reglamentos
- ✓ Necesidad de reunión Previa al Inicio de la Obra
- ✓ Contar con mano de obra capacitada y asignada
- ✓ Realizar ensayos y paneles y muestras previas
- ✓ La superficie vista dependerá de una gran cantidad de factores, pudiendo mencionar: diseño, materiales, puesta en obra, encofrados y curado
- ✓ Planificar el mantenimiento de las estructuras de hormigón visto en el tiempo



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Requisitos a prever en el diseño de la estructura**

La esencia para obtener un buen hormigón arquitectónico está en la **consistencia en todas las fases del proyecto**. El mismo deberá ser concebido, diseñado, detallado y calculado desde puntos de vista arquitectónicos e ingenieriles, y estar especificado, construido y supervisado como un trabajo de hormigón visto

En caso de poseer un diseño ya ejecutado y recién en ese momento se piensa en trabajar con hormigón arquitectónico, muy probablemente no se obtengan los resultados deseados.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

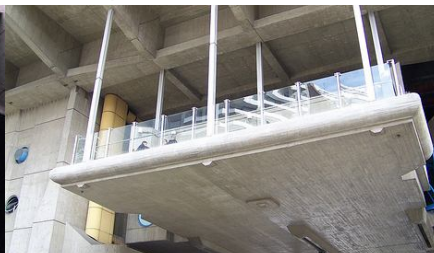

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Requisitos a prever en el diseño de la estructura**

- ✓ Diseñar por durabilidad los hormigones (ambiente de exposición)
- ✓ Diseñar las estructuras con hormigones como mínimo categoría H-25, evitando emplear bajos contenidos de cemento o muy permeables
- ✓ Eliminar superficies muy extensas, uniformes e ininterrumpidas
- ✓ Emplear recubrimientos de al menos 30 mm, para evitar fisuración por asentamiento plástico; siendo recomendable 40 mm
- ✓ Evitar en zonas cercanas a hormigones vistos cuantías excesivas
- ✓ Modulación arquitectónica en función de los paneles de encofrados



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**



**6- Hormigón visto arquitectónico**

*El ejemplo más común de mal diseño por durabilidad son las fundaciones...*

*¡No necesito resistencia!  
Entonces H-13 ó H-17 + Hidrófugo*

**ERROR**

*El hormigón de bases debe ser poco permeable y eso no se logra con un aditivo + hormigón poroso*



*El Reglamento establece requisitos de categoría H-25 a H-30 para estructuras en contacto con el terreno*

*Ej: Tabiques de sótanos y cava, vigas de fundación*

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*¿Entonces se me encarece el proyecto final?*

*Pensemos en una vivienda de 250 m<sup>2</sup> con un cava...*

*Vigas de fundación 12 m<sup>3</sup> y tabiques de cava 10 m<sup>3</sup>*


*Precio s/IVA H-17: \$ 500*

*Precio s/IVA H-30: \$ 580*

*Resto de tareas IDEM*

*Diferencia de \$ 1.750 por no tener problemas de humedad en una vivienda ... (< al valor de 1/2 m<sup>2</sup> construido)*

*Vale la pena evaluarlo...*



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones



U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

### 6- Hormigón visto arquitectónico

**Requisitos a prever en el diseño de la estructura**

- ✓ Minimizar la fisuración por contracción y por cargas (ancho  $\leq 0,2$  mm)
- ✓ Disminuir las flechas en vigas y losas, flechas  $< luz / 400$
- ✓ Distribuir y diseñar las juntas de contracción y/o dilatación en tabiques
- ✓ Integración de las juntas constructivas a los requisitos arquitectónicos
- ✓ El ancho y tipo de juntas será determinado por tensiones derivadas de cargas externas, y originadas por fluencia, contracción y  $\Delta$  temperatura
- ✓ En estructuras en contacto con el suelo o fundaciones, garantizar que el agua no alterará la apariencia estética de la estructura terminada
- ✓ Diseño de encofrados para evitar deformaciones excesivas



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

### 6- Hormigón visto arquitectónico

*Si en los pisos y pavimentos estamos acostumbrados a realizar juntas...*

*¿Porqué no en los tabiques?*

PLANTA

7 metros

3,5 metros

RIESGO DE FISURAS DE CONTRACCIÓN

2,5 metros

Fundación más rígida, que impide movimientos



U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances

### 6- Hormigón visto arquitectónico

*Diseño de juntas y materialización en el proyecto*

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances

### 6- Hormigón visto arquitectónico

*Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos*

**Nidos de abeja.** Exposición del agregado grueso y vacíos irregulares en la superficie cuando el mortero no logra cubrir el espacio alrededor de los agregados. También se llaman avisperos o cangrejas.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Nidos de abeja.** Muchos factores influyen en su formación, como ser: escasez de mortero por ineficaz diseño de mezcla, elección no apropiada del Tamaño máximo nominal, consolidación inadecuada, especificación errónea de consistencia, fuga de lechada por juntas no estancas, etc.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Variación de color.** Vetas de color presentes en la superficie del hormigón. Pueden presentarse debido a deficiencias en la mezcla o manifestarse en forma de manchas, humedad, óxidos, eflorescencias u otras contaminaciones.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Variación de color.** En caso de encofrados de madera, son normales y aceptadas las variaciones de colores locales "copiando" las vetas de las maderas; no así para encofrados metálicos o plásticos. Estos aspectos pueden ser considerados o no un defecto, en función del diseño.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Fuga de lechada.** Mancha grisácea en forma de reguero de agua que se presenta en el hormigón por el exceso de agua en la lechada. En el caso de la parte inferior de tabiques, es común encontrarlos en coincidencia con nidos de abeja.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Líneas entre capas.** Líneas horizontales o inclinadas presentes en la superficie del hormigón que indican el límite entre diferentes tiempos de colocación en una misma llenada sin llegar a ser juntas frías.



**Transparencia del agregado.** Apariencia moteada en la superficie, originada por las deficiencias en el mortero, donde el agregado se encuentra cubierto por una muy delgada película de lechada que permite verlo a través de ella.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Burbujas.** Pequeña cavidad o poro creado a partir de la acumulación de burbujas de aire y agua atrapadas entre el encofrado y el hormigón. El diámetro en general oscila entre 5 y 15 mm. En algunas ocasiones estas burbujas están cubiertas por una delgada capa de pasta seca que se desprende con la presión de las uñas.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Fisuras por asentamiento plástico.** Fisuras superficiales debidas generalmente al reflejo de las armaduras, considerándolas como defecto aquellas que por su tamaño afecten la apariencia o brinden un aspecto inseguro a la estructura.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Rebabas.** Proyección delgada y lineal de hormigón que se presenta entre espacios y uniones de los paneles cuando el mortero de la mezcla pasa a través de aquéllas.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Desalineamientos.** Cambio abrupto en la alineación o las dimensiones de los elementos a causa del desplazamiento de encofrados o su mala disposición previa.



**Descascaramientos.** Eliminación accidental de la superficie provocada por la adherencia del hormigón al encofrado, generalmente influenciada por falta puntual de desmoldante o por un número de reutilización considerable de encofrados.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

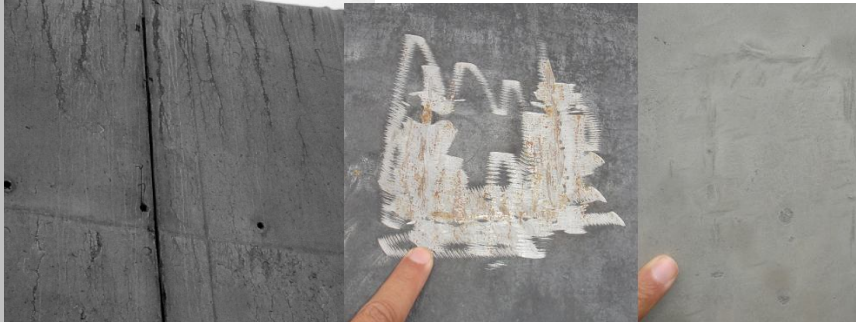
U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Líneas de acumulación de finos.** Veteado en la superficie del hormigón donde el agregado fino queda expuesto debido a la exudación o la absorción de agua. En general, aparecen como líneas verticales.



**Falta de lisura superficial.** Defectos puntuales o texturas no deseadas que pueden desvalorizar el elemento. Se determinan midiendo con reglas rígidas y cuñas, los apartamientos de un plano para diferentes distancias o medidas de referencia.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Irregularidades dejadas por tensores.** Irregularidad en la zona alrededor de los tensores usados para unir los diferentes módulos de encofrados. Los defectos sobre estas áreas son los mismos ya definidos como burbujas y nidos de abeja pequeños, pero que se presentan en un lugar específico, que debe prestarse especial atención.



**Defecto de modulación.** Se presenta cuando la distribución de los encofrados no sigue un patrón estándar, uniforme o previamente definido por el arquitecto.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Decoloraciones, manchas o eflorescencias.** Son debidas a una multiplicidad de causas, incluida la diferente textura de encofrados, mala aplicación del desencofrante, curado deficiente o de causas intrínsecas del hormigón.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Defectos frecuentes en hormigones arquitectónicos**

**Juntas frías.** Defecto no aceptable ocasionado cuando se colocan en un mismo elemento, hormigones sobre otros que ya ha iniciado su fragüe o está próximo a ello.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Criterios de aceptación propuestos**

Del envoltorio de las disposiciones que figuran en la bibliografía reseñada en el trabajo, se proponen criterios de aceptación para:

- **Exigencias muy elevadas o especiales - Tipo A.** Superficies destacadamente expuestas a la vista, donde la apariencia es de importancia especial y tiene un elevado significado; a aplicar en elementos representativos y de tipo monumental
- **Exigencias elevadas - Tipo B.** Superficies cuya apariencia debe ser muy buena al estar concebidas para estar expuestas con elevadas exigencias; como por ejemplo fachadas de obras de arquitectura
- **Exigencias normales - Tipo C.** Superficies ordinarias con exigencias formales normales que, aunque estarán permanentemente expuestas, no justifican gastos especiales para su ejecución; como cajas de escaleras o muros de sostenimiento
- **Escaras Exigencias - Tipo D.** Elementos que exigen requisitos mínimos de calidad superficial, donde la apariencia no es objetable pero se trata de hormigones vistos; como muros de sótano, ambientes con uso predominantemente industrial, etc.

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

CLASE DE DEFECTOS	TIPOS	TOLERANCIAS	
Nidos de abeja	A-B-C-D	No son permitidos	
Manchas de óxidos	A-B-C-D	No son permitidas	
Variación de color	A-B-C	No apreciable a 5 metros	
Fuga de lechada			
Líneas entre capas			
Líneas de acumulación de finos			
Decoloraciones y eflorescencias			
Irregularidades dejadas por tensores	A	Se incrementan los criterios de exigencia para vistas más cercanas para Tipos A y B. Se deberá definir en función de criterios de obra y paneles de prueba	
Transparencia del agregado Descascaramientos			Superficie $\leq 15 \text{ cm}^2$
			Superficie $\leq 20 \text{ cm}^2$
Medida sobre paneles testigo de 50 x 50 cm	C-D	Superficie $\leq 25 \text{ cm}^2$	
Burbujas (encofrados no absorbentes) Superficie de burbujas entre 2 y 15 mm medida sobre paneles testigo de 50 x 50 cm	A	Superficie $\leq 15 \text{ cm}^2$ (0,6%)	
	B	Superficie $\leq 22 \text{ cm}^2$ (0,9%)	
	C-D	Superficie $\leq 30 \text{ cm}^2$ (1,2%)	
Lisura superficial Deformaciones máximas en mm medidas entre X metros con regla y cuña	A	Requisitos especiales a definir	
	B	0,1 m - 3 mm; 1 m - 5 mm; 4 m - 10 mm; 10 m - 20 mm	
	C-D	0,1 m - 5 mm; 1 m - 10 mm; 4 m - 15 mm; 10 m - 25 mm	
Fisuras por asentamiento plástico	A-B-C-D	No recurrentes y no apreciables a 5 metros	
	A-B-C	Exposición al aire seco: Ancho $\leq 0,4 \text{ mm}$	
	A-B-C	Exposición al aire húmedo: Ancho $\leq 0,3 \text{ mm}$	
Rebabas de mortero (d = proyección ; a = ancho)	A	$a \leq 3 \text{ mm}$ ; $d \leq 5 \text{ mm}$	
	B-C	$a \leq 10 \text{ mm}$ ; $d \leq 5 \text{ mm}$	
Desalineamiento (d = proyección)	D	$a \leq 20 \text{ mm}$ ; $d \leq 10 \text{ mm}$	
Defecto de modulación	A-B-C	No admisible	
Juntas frías	A-B-C-D	No admisible	

**Criterios de aceptación propuestos**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

## Hormigones especiales y últimos avances

### 6- Hormigón visto arquitectónico

#### Criterios de aceptación propuestos

Es altamente recomendable realizar **paneles de prueba a escala real** empleando procedimientos, equipos, materiales y técnicas constructivas aprobadas, pudiendo además incluir la simulación de reparaciones.

Estos paneles se emplearán no sólo como prueba piloto, sino principalmente para definir los parámetros de aceptación y procesos de manejo del hormigón. Este panel de prueba debe permanecer en obra hasta la finalización de la misma para poder realizar comparaciones de calidad mediante índices a determinar.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

- 1) Especificación del hormigón elaborado
- 2) Diseño del hormigón y calidad de materiales
- 3) Provisión y manipuleo del hormigón elaborado
- 4) Armaduras
- 5) Agentes desmoldantes
- 6) Encofrados
- 7) Consolidación del hormigón
- 8) Desencofrado y curado



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA



**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**1) Especificación del hormigón elaborado**

- ✓ Se recomienda el uso de hormigones de consistencia muy plástica y fluida con aditivos superfluidificantes (asentamientos entre 13 y 18 cm)
- ✓ No es recomendable superar 20 cm, debiendo medir los asentamientos de los hormigones colados para evitar sobrepasar
- ✓ Evitar el exceso de aditivos, ya que exudan con el agua y decoloran
- ✓ Emplear contenidos de cemento de como mínimo 330-350 kg/m<sup>3</sup>, con contenidos menores hay mayor probabilidad de ocurrencia de defectos



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**1) Especificación del hormigón elaborado**

- ✓ Pueden solicitarse aditivos retardadores - reductores de agua incorporados en planta (imprevistos, descargas lentas, tiempo caluroso, etc.)
- ✓ El TMN debe ser de 12 a 19 mm y compatible con las disposiciones de armado y geometría de elementos; máximo del 50% del recubrimiento
- ✓ De ser posible, la situación ideal es emplear HAC, que presentan notables ventajas competitivas en este aspecto



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**2) Diseño del hormigón y calidad de materiales**

- ✓ Las partidas de los componentes del hormigón (principalmente arena y cemento) deben ser uniformes, para evitar variabilidad en coloraciones
- ✓ Los agregados deben ser controlados periódicamente y haber demostrado que no manchan la superficie ni son susceptibles a la RAS
- ✓ Evitar toda fuente de materiales y/o técnicas o equipos que puedan provocar decoloraciones o eflorescencias en las superficies
- ✓ Si la relación  $a/c$  es elevada, el agua será más difícil de evacuar, apareciendo más burbujas, líneas de finos e incrementando la fisuración por asentamiento plástico (recomendable emplear  $a/c < 0,55$ )
- ✓ El contenido de arena no debe ser elevado, no empleando mezclas muy cohesivas para evitar defectos (reducir finos y/o cemento)
- ✓ Puede ser recomendable tomar muestras de cemento y agregados de diferentes partidas para comparar deficiencias en tonalidades



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**3) Provisión y manipuleo del hormigón elaborado**

- ✓ Una de las claves para el éxito es el compromiso del proveedor en el despacho continuo, lo cual debe ser constatado por el cliente
- ✓ Coordinar y controlar el transporte y despacho del hormigón elaborado asegurando su entrega y colocación continua y uniforme
- ✓ Agilizar todos los medios en obra para una rápida colocación
- ✓ Chequear que todo esté listo, preparado y aprobado, antes de recibirlo
- ✓ En caso de demoras superiores a 1 hora, aunque no haya iniciado el fragüe y no exista problema estructural, la junta podría quedar marcada



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**3) Provisión y manipuleo del hormigón elaborado**

- ✓ Los métodos de mezclado y transporte deben ser uniformes, verificando que los equipos de mezclado produzcan hormigones homogéneos en las diferentes coladas; tanto al inicio como al fin de la descarga
- ✓ Las técnicas de puesta en obra, deben ser tales para evitar juntas frías
- ✓ Se recomiendan colados de volúmenes acotados, evitando posibles juntas
- ✓ Las juntas constructivas serán las previstas en el diseño estructural y arquitectónico de los elementos
- ✓ Colocarlo en la posición definitiva sin segregación o pérdida de material
- ✓ No colar lechadas o restos de hormigón lavados de la canasta de bombas, debiendo verterlos siempre a un lado de la estructura. Al lograr el flujo de hormigón uniforme, recién comenzar la colocación en los elementos de hormigón visto



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**3) Provisión y manipuleo del hormigón elaborado**

✓ Para el caso de losas de hormigón visto, es indispensable que no se fisure en la parte superior, con lo cual deberá protegerse para evitar fisuras por contracción plástica (fibras de polipropileno, niebla de agua, aplicación de coberturas plásticas en fresco, etc.)



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

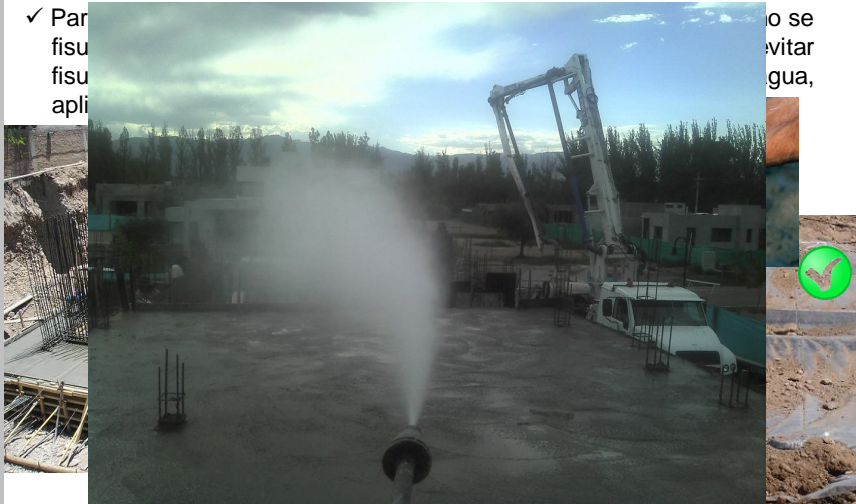
**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**3) Provisión y manipuleo del hormigón elaborado**

✓ Para evitar fisuras por contracción plástica (fibras de polipropileno, niebla de agua, aplicación de coberturas plásticas en fresco, etc.)



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**4) Armaduras**

- ✓ El recubrimiento debe ser suficiente para evitar fisuras por asentamiento plástico o síntomas de corrosión, siendo recomendable al menos 30 mm
- ✓ Emplear separadores que no queden visibles al desencofrar los elementos, como los plásticos; no siendo recomendable el empleo de separadores metálicos y menos de madera
- ✓ Emplear en cantidad suficiente separadores para asegurar la posición de las armaduras durante la colocación y compactación del hormigón



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**4) Armaduras**

- ✓ Las armaduras deben estar libres de óxidos, ya que pueden marcar las superficies de los encofrados y ésta quedará plasmada en el hormigón
- ✓ Rociar en forma de niebla (hidrolavadora, por ejemplo) las armaduras en caso de clima caluroso, para evitar la pérdida de agua en las cercanías de las armaduras
- ✓ Las barras no deben poseer salpicaduras de mortero, debiendo limpiarlas antes del encofrado de estos elementos para otras etapas de llenado



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**5) Agentes desmoldantes**

- ✓ Utilizar desmoldantes comerciales recomendados y reconocidos o en su defecto aceites no solubles en agua; no debiendo emplear gas-oil o aceites solubles en agua que podrán provocar decoloraciones
- ✓ Los aceites o emulsiones solubles en agua tienden a no manifestar buenos resultados, además de promover la aparición de óxidos
- ✓ Respecto a los desmoldantes como gas-oil o aceites y lubricantes de maquinarias, además de los problemas ambientales de su utilización, tienden a encapsular aire entre el tabique y el molde (encofrado)

*Efectos de diferentes desmoldantes empleados en el mismo proyecto*



Aceite soluble en agua      Aceite no soluble en agua      Desenfofrante comercial

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**5) Agentes desmoldantes**

- ✓ Evitar el exceso del producto desenfofrante sobre las superficies de los encofrados garantizando la dosis recomendada por el fabricante
- ✓ La aplicación de estos productos se deberá repetir tantas veces como sea necesario, antes de utilizar el encofrado y hasta notar que la capacidad de absorción de las maderas ha sido saturada
- ✓ Aplicar los desmoldantes con aspersión fina (u otro medio que garantice homogeneidad) y no con rodillos, evitando acumulaciones excesivas
- ✓ Cubrir los elementos, si se espera mucho tiempo entre el encofrado y el hormigonado, ya que puede evaporarse o volatilizarse algún compuesto del agente desmoldante



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**6) Encofrados**

- ✓ Controlar el ajuste y nivelación entre los paneles durante el proceso de colocación, garantizando un buen diseño estructural de los encofrados
- ✓ La absorción de agua por parte del encofrado debe ser minimizada y uniforme, ya que cambios de humedad incrementan variaciones de color
- ✓ Los encofrados de madera o machihembrados deben ser de la misma partida, espesores y características, para uniformar la absorción de agua.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**6) Encofrados**

- ✓ Garantizar la limpieza de los encofrados, debiendo realizarla inmediatamente después de cada uso. Se recomienda colocarlos en horizontal, limpiar los residuos con espátula delgada, dar lijado suave para mantener la lisura del encofrado y aplicar desmoldante, antes de guardarlos
- ✓ Es recomendable establecer procedimientos escritos y listas de chequeo
- ✓ Se recomienda el almacenamiento en forma vertical para ganar espacio, tener menor riesgo de daños y permitir la circulación de aire para mantener constante la humedad; no debiendo exponerlos al sol o al agua



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**6) Encofrados**

- ✓ Asegurar la estanqueidad de encofrados, para evitar fugas de lechada, principalmente entre paneles y en la parte inferior de los tabiques, ya que estas fugas “arruinan” los tabiques de hormigón visto de pisos inferiores, debiendo aplicar sellos especiales
- ✓ Tomar las medidas apropiadas en juntas horizontales y verticales del encofrado para sellarlas, utilizando cintas u otro material estanco.
- ✓ Ejecutar puntos de anclaje correctamente para evitar la pérdida de la mezcla o la segregación próxima
- ✓ Lograr uniformidad en encofrados y aplicación de desmoldantes, evitar la “mezcla” de encofrados nuevos y usados en una misma hormigonada



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

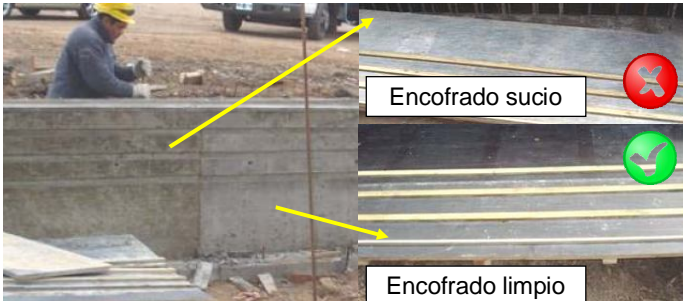
**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**6) Encofrados**

- ✓ De ser factible, emplear encofrados especiales para hormigón visto
- ✓ Los encofrados no deberán presentar deformaciones fuera de las tolerancias admisibles y los mismos tendrán los elementos de sostén y seguridad necesarios para no deformarse o desalinearse
- ✓ Deberán soportar las presiones ejercidas durante la colocación y compactación, incluso en caso de alturas de caída considerables con bomba

*Efecto de la limpieza de encofrados*



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**


**Prácticas recomendables para hormigón visto**

**6) Encofrados**

- ✓ No es recomendable emplear encofrados de aluminio, ya que estos pueden reaccionar con álcalis, pudiendo decolorar y multiplicar las burbujas
- ✓ Antes del colado, emplear compresores de aire o aspiradoras industriales en el área de colado como en los encofrados para limpiarlas bien y eliminar elementos extraños como escombros, hojas, etc.

**Defectos corrientes en hormigones vistos**

Líneas de flujos y diferencias de color acometiendo a los orificios



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Prácticas recomendables para hormigón visto**

**6) Encofrados**

- ✓ No es recomendable que existan diferencias de temperatura de más de 10 °C entre el hormigón fresco y los encofrados
- ✓ Para el caso de juntas en elementos verticales, las mismas serán materializadas mediante insertos especiales o un cuidadoso aserrado. Las mismas serán selladas con materiales que no afecten la estética de la estructura y que hayan sido consideradas en el diseño
- ✓ En tabiques vistos, es recomendable que los tirantes sean de madera cepillada, disminuyendo así las deformaciones de los tabiques



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**7) Consolidación del hormigón**

- ✓ Utilizar vibradores de inmersión el menor tiempo posible, consolidando el hormigón fluido y sin que aquéllos provoquen segregación, prestando atención en bordes, esquinas, marcos, elementos embebidos como bocas o instalaciones eléctricas, etc.
- ✓ Siempre debe ser complementado con golpes con martillos de goma o madera sobre toda la superficie del encofrado de manera pareja y con uniformidad, comenzando desde capas inferiores a superiores, como complemento del vibrador de inmersión
- ✓ Si es posible, emplear vibradores de encofrado; pero deberá estudiarse el tiempo óptimo de vibrado para evitar acumulación de finos en zonas próximas



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA



**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**7) Consolidación del hormigón**

- ✓ El exceso de vibrado puede producir heterogeneidad en la apariencia al desencofrar, debido a la acumulación de pasta en superficie y puede producir manchas
- ✓ No afirmar el vibrador al acero de refuerzo ni a los encofrados ya que los finos se irán al frente y posteriormente demerita el acabado final
- ✓ Se debe introducir el vibrador rápido y sacarlo despacio, de manera siempre vertical, no dejando áreas sin consolidar



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**7) Consolidación del hormigón**

- ✓ Colar el hormigón en capas de hasta 70 - 90 cm para tabiques, vibrándolo hasta lograr su densidad máxima. El vibrador debe estar alejado al menos 5 cm de las caras
- ✓ Revibrar la parte superior de cada capa de hormigón (15 cm) si existen demoras de más de 30 minutos, debiendo el vibrador penetrar bajo su propio peso; como así también la última capa de hormigón



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**8) Desencofrado y curado del hormigón**

- ✓ El tiempo de desencofrado dependerá de las condiciones ambientales, pero para tabiques no son recomendables períodos mayores a 48 horas, limitando a 24 horas para encofrados metálicos
- ✓ Unificar el tiempo de retiro de encofrados para todo el hormigón arquitectónico, debido a que el tiempo de contacto puede incidir en el color
- ✓ El desencofrado deberá realizarse de manera cuidadosa, para no dañar superficialmente el hormigón



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**8) Desencofrado y curado del hormigón**

- ✓ Evitar gradientes de temperatura durante las primeras edades, principalmente bruscas caídas durante las primeras horas o durante el desencofrado, no debiendo superar en ningún caso 20 °C / 24 horas
- ✓ Debe prestarse atención al asoleamiento de diferentes caras de tabiques, ya que combinado con el método de curado, afectan el color
- ✓ En caso de emplear membranas de curado en base acuosa, es recomendable crear una niebla con agua en las cercanías del elemento antes de su aplicación



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA


**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Prácticas recomendables para hormigón visto*

**8) Desencofrado y curado del hormigón**

- ✓ El tiempo de curado, puede extenderse al doble de un H° convencional
- ✓ Es muy desfavorable curar, dejar de curar y volver a curar
- ✓ La temperatura del agua de curado no debe ser más de 10 °C más baja que la temperatura superficial del hormigón
- ✓ En tiempo frío, evitar ambientes muy cargados de dióxido de carbono y que los medios de calefacción estén direccionados o próximos a las superficies encofradas



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

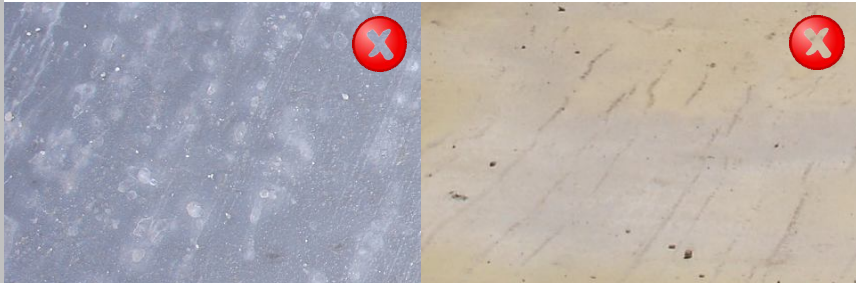
**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**Prácticas recomendables para hormigón visto**

**8) Desencofrado y curado del hormigón**

- ✓ El método de curado que se emplee, debe ser uniforme en toda la superficie y asegurar que no decolore el hormigón, como ciertas membranas de curado o incluso algunas láminas de polietileno (efecto invernadero)
- ✓ Es recomendable lavar el hormigón con hidrolavadora de media a alta presión, agua caliente o vapor presurizado, no empleando ácidos u otro tipo de abrasivos. Es recomendable este tratamiento al final de la obra, cuando no exista suciedad o polvo para no repetir estos trabajos.



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**6 "TIPS" PARA TENER LOSAS "LIBRES" DE FISURAS**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

**6 “TIPS” PARA TENER LOSAS “LIBRES” DE FISURAS**

- 1- Emplear encofrados sin defectos mayores, con desmoldantes y apuntalados correctamente
- 2- Controlar los recubrimientos de armaduras y que sean de al menos 25 a 30 mm
- 3- Proteger durante las primeras horas de las condiciones ambientales adversas (ej: hidro)
- 4- Emplear hormigones cohesivos, TMN 12 a 19 mm y asentamiento 12 a 15 cm
- 5- Vibrar adecuadamente el hormigón
- 6- Evitar toda demora en las tareas de colado

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*“Prueben” estas técnicas...*

Vigas

Tabiques

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**

*Si quieren otro tipo de terminaciones  
"rústicas" por criterios de diseño ...*



*No sigan al "pie de la letra" las indicaciones ...*

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones


U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**6- Hormigón visto arquitectónico**


**Conclusiones preliminares**


- 1 El hormigón visto arquitectónico es cada vez más empleado en la actualidad por sus beneficios técnicos, económicos y estéticos.
- 2 Es de vital importancia realizar esfuerzos conjuntos y consensuar criterios entre todas las partes involucradas, tanto en las etapas de diseño de la estructura como en las tareas de puesta en obra.
- 3 Todas las tareas relacionadas con la especificación y logística del hormigón elaborado, encofrados y desmoldantes y tareas de puesta en obra (colocación, consolidación, protección, desencofrado y curado) deben controlarse mediante procedimientos estrictos para asegurar la calidad del hormigón arquitectónico



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances	
<b>Contenido</b>	
	<ul style="list-style-type: none"><li>● Ventajas competitivas y hormigones especiales</li><li>● Empleo correcto de aditivos convencionales</li><li>● Hormigones de alta resistencia y de alta performance</li><li>● Otros hormigones especiales</li><li>● Hormigones autocompactantes</li><li>● Hormigón visto arquitectónico</li><li>● Evaluación económica de hormigones especiales</li><li>● Conclusiones y perspectivas</li></ul>

Hormigones especiales y últimos avances	
<b>7- Evaluación económica de hormigones especiales</b>	
	<p><i>Es fácil imaginarse que el costo del m<sup>3</sup> de cualquier hormigón especial es bastante superior al de hormigones corrientemente utilizados en estructuras...</i></p> <p><i>Entonces... si uso un hormigón especial en mi proyecto... me sale más caro???</i></p>


**Hormigones especiales y últimos avances**

**7- Evaluación económica de hormigones especiales**

*La respuesta es sencilla:*

*Hay que analizar cada proyecto en particular, no hay ninguna "receta" aplicable a todos los casos ...*

*Veamos un ejemplo para HAC...*



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Hormigones especiales y últimos avances**

**7- Evaluación económica de hormigones especiales**

- Como todo hormigón elaborado especial, **1 m<sup>3</sup> de HAC es más costoso que 1 m<sup>3</sup> de hormigón elaborado convencional**
- Sin embargo, el empleo de hormigones convencionales puede ser **más costoso que emplear HAC**, si se analiza el costo de la obra o elemento estructural
- El costo unitario (costo del m<sup>3</sup>) del **HAC-40 es un 25 ± 5% mayor que un H-40 convencional**



- Entonces...

**¿Porqué se está utilizando cada vez más HAC en todo el mundo?**

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

### Hormigones especiales y últimos avances

## 7- Evaluación económica de hormigones especiales

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

- El HAC, como los demás hormigones especiales, presenta una **cantidad muy importante de ventajas competitivas** si se lo compara con un H° convencional
- La visión de estas ventajas competitivas se comprende, si uno analiza al **HAC como un sistema constructivo** y no sólo como un material de construcción
- La aceptación del costo unitario adicional del HAC está fuertemente influenciado por los **beneficios económicos** de emplear el "sistema constructivo HAC"



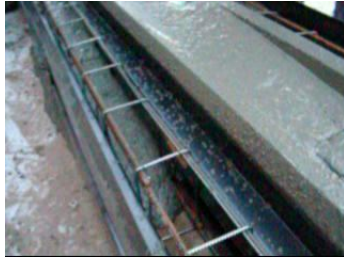

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

### Hormigones especiales y últimos avances

## 7- Evaluación económica de hormigones especiales

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Costos directos (cuantitativos)	Valoración
1) Costo del m <sup>3</sup> de hormigón	☹️ ☹️
2) Tareas de compactación (equipos y mano de obra)	😊 😊 😊
3) Tareas de armado (material y mano de obra)	😊 😐
4) Encofrados (material y mano de obra)	☹️ ☹️
5) Tareas de desencofrado, protección y curado	😊 😐
6) Andamiaje y áreas de circulación	😊 😊
7) Tareas de "maquillaje" (material y mano de obra)	😊 😊


Costos variables entre un H° Convencional y un HAC

Hormigones especiales y últimos avances	
7- Evaluación económica de hormigones especiales	
Costos indirectos (cualitativos)	Valoración
8) Dosificación, mezclado y transporte	☺
9) Especialización de la mano de obra	☺ ☺
10) Calidad de terminaciones del hormigón visto	☺ ☺ ☺
11) Aumento de productividad y avance de obra	☺ ☺ ☺
12) Disminución global de la mano de obra	☺ ☺ ☺
13) Menor costo financiero de pagos	☺ ☺
14) Disminución de presiones de bombeo	☺
15) Incremento de la altura de bombeo para un equipo	☺ ☺
16) Disminución de defectos involuntarios de vibrado	☺ ☺
17) Solución al problema de refuerzos congestionados	☺ ☺ ☺
18) Mayor control de calidad de materiales y del hormigón	☹
19) Mejoras del ambiente de trabajo (ej: ruidos)	☺ ☺ ☺
20) Disminución de lesiones de espalda y brazo	☺ ☺
21) Mayor seguridad y prevención de accidentes	☺ ☺ ☺
22) Aseguramiento de un hormigón en obra de calidad	☺ ☺ ☺
23) Menores costos de mantenimiento en la vida útil	☺ ☺

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

Costos variables entre un H° Convencional y un HAC

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Hormigones especiales y últimos avances	
7- Evaluación económica de hormigones especiales	
<b>Tanques de almacenamiento de gas natural en Osaka: 1999 en Japón</b>	
<b>Hormigón:</b> 12.000 m <sup>3</sup> de H-60	
<b>Dimensiones:</b> 85 metros de diámetro 38 metros de altura 80 cm de espesor 215.000 m <sup>3</sup> de capacidad	
<b>Experiencia</b> Se realizaron los mismos tanques con hormigón convencional y con HAC	
<b>Etapas de hormigonado</b> Se redujo de 14 a 10, con lo cual la obra duró 4 meses menos (10% reducción del plazo)	
<b>Mano de obra</b> Con hormigón convencional se requirió 1,5 h/m <sup>3</sup> , mientras que con el HAC se redujo a 0,35 h/m <sup>3</sup>	
<b>Reducción de costos</b> El tanque de almacenamiento con HAC tuvo un <b>costo global del 8% inferior</b> al realizado con hormigón convencional	

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

### Hormigones especiales y últimos avances

## 7- Evaluación económica de hormigones especiales

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

**Ejemplo para piletas de contención**



**Dimensiones:** Largo: 15,00 m  
Ancho: 6,00 m    **Capacidad: 225 m³**  
Altura: 2,50 m  
Espesor de tabiques y piso: 0,20 m

**Materiales:** 40 m³ de hormigón elaborado  
55 kg de acero por m³ de hormigón



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

### Hormigones especiales y últimos avances


## 7- Evaluación económica de hormigones especiales

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA

<b>Ejemplo para piletas de contención</b>	<b>Hormigón H-30 Convencional</b>	<b>Hormigón H-40 Autocompactante</b>	<b>Variación</b>
<b>Con el diseño definido</b>	Espesor: 0,20 m	Espesor: 0,20 m	
<b>Resumen Mano de Obra</b>			
Encofrado y Desencofrado	\$ 11.800	\$ 11.800	→ -
Armado	\$ 8.200	\$ 8.200	→ -
Colado	\$ 3.800	\$ 900	↓ \$ 75%
Reparación de superficies	\$ 2.000	\$ 500	↓ \$ 75%
Curado	\$ 700	\$ 700	→ -
	<b>\$ 26.500</b>	<b>\$ 22.100</b>	
<b>Resumen Materiales</b>			
Hormigón Elaborado (incl. aditivos)	\$ 24.000	\$ 31.200	↑ \$ 30%
Encofrados	\$ 7.000	\$ 8.000	↑ \$ 15%
Hierro	\$ 12.600	\$ 12.600	→ -
Alambre	\$ 300	\$ 300	→ -
Clavos	\$ 500	\$ 500	→ -
Material de reparación superficies	\$ 1.500	\$ 400	↓ \$ 75%
	<b>\$ 45.900</b>	<b>\$ 53.000</b>	
<b>Resumen equipos</b>			
Bomba	\$ 4.800	\$ 2.800	↓ \$ 40%
Vibrador	\$ 800	\$ 0	↓ \$100%
Andamios	\$ 1.200	\$ 300	↓ \$ 75%
	<b>\$ 6.800</b>	<b>\$ 3.100</b>	
	<b>\$ 79.000</b>	<b>\$ 78.000</b>	↓ 1,3%

Hormigones especiales y últimos avances			
7- Evaluación económica de hormigones especiales			
<b>Ejemplo para piletas de contención</b> Pensando HAC desde el diseño	Hormigón H-40 Autocompactante Espesor: 0,20 m	Hormigón H-40 Autocompactante Espesor: 0,15 m	Variación
<b>Resumen Mano de Obra</b>			
Encofrado y Desencofrado	\$ 11.800	\$ 11.800	→ -
Armado	\$ 8.200	\$ 8.800	↑ \$ 8%
Colado	\$ 900	\$ 700	↓ \$ 25%
Reparación de superficies	\$ 500	\$ 500	→ -
Curado	\$ 700	\$ 700	→ -
	<b>\$ 22.100</b>	<b>\$ 22.500</b>	
<b>Resumen Materiales</b>			
Hormigón Elaborado (incl. aditivos)	\$ 31.200	\$ 23.400	↓ m <sup>3</sup> 25%
Encofrados	\$ 8.000	\$ 8.000	→ -
Hierro	\$ 12.600	\$ 14.600	↑ kg 16%
Alambre	\$ 300	\$ 350	↑ kg 16%
Clavos	\$ 500	\$ 550	↑ kg 16%
Material de reparación superficies	\$ 400	\$ 400	→ -
	<b>\$ 53.000</b>	<b>\$ 47.300</b>	
<b>Resumen equipos</b>			
Bomba	\$ 2.800	\$ 2.600	↓ \$ 10%
Vibrador	\$ 0	\$ 0	→ -
Andamios	\$ 300	\$ 300	→ -
	<b>\$ 2.800</b>	<b>\$ 2.900</b>	
	<b>\$ 78.000</b>	<b>\$ 73.000</b>	<b>↓ 6,4%</b>



Hormigones especiales y últimos avances	
7- Evaluación económica de hormigones especiales	
<p><b>Ejemplo para piletas de contención</b></p> <p>Para el caso en estudio y empleando precios actuales de mercado</p> <p>a) Con el diseño de la obra definido</p> <p><b>H-40 Autocompactante</b> <i>presenta costos directos similares (un poco inferiores) al</i> <b>H-30 Convencional</b></p> <p>b) Empleando HAC desde el diseño</p> <p><b>H-40 Autocompactante</b> <i>6% más económico en costos directos que el</i> <b>H-30 Convencional</b></p>	<p>Y además hay que tener en cuenta:</p> <p>1) Que se emplea un <b>hormigón de categoría superior</b> y aumentará considerablemente su impermeabilidad, durabilidad, etc.</p> <p>2) No se han considerado <b>costos indirectos</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Especialización de la mano de obra</li> <li>- Calidad de terminaciones del hormigón</li> <li>- Aumento de productividad</li> <li>- Disminución global de la mano de obra</li> <li>- Menor costo financiero de pagos</li> <li>- Disminución de presiones de bombeo</li> <li>- Incremento de la altura de bombeo</li> <li>- Disminución de defectos involuntarios</li> <li>- Solución a refuerzos congestionados</li> <li>- Mejoras del ambiente de trabajo</li> <li>- Disminución de lesiones</li> <li>- Seguridad y prevención de accidentes</li> <li>- Aseguramiento de una obra de calidad</li> <li>- Menores costos de mantenimiento</li> </ul>

Hormigones especiales y últimos avances	
Contenido	
	● Ventajas competitivas y hormigones especiales
	● Empleo correcto de aditivos convencionales
	● Hormigones de alta resistencia y de alta performance
	● Otros hormigones especiales
	● Hormigones autocompactantes
	● Hormigón visto arquitectónico
	● Evaluación económica de hormigones especiales
	● Conclusiones y perspectivas

### Hormigones especiales y últimos avances

## 8- Conclusiones y perspectivas


- 1 Varios tipos de hormigones especiales (HAR, HAD, HAC, H° arquitectónicos) han comenzado a emplearse en los últimos años en nuestro país con **resultados muy positivos y alentadores**
- 2 Los hormigones especiales **presentan numerosas ventajas competitivas** y una **gran versatilidad en para el diseño**, comparado con otros materiales
- 3 El **control de calidad es un factor clave** para el éxito de todo proyecto, debiendo realizar **mayor cantidad de ensayos e inspecciones de obra**
- 4 Las mejoras de **resistencia, durabilidad y uniformidad** logradas con HAP-HAC en las estructuras terminadas, deberían verse **reflejadas en Reglamentos**; siendo **indispensable la normalización de los ensayos para hormigones especiales**
- 5 Los inconvenientes que aparecen en obra **no sólo dependen de la calidad del hormigón**, sino que hay que **extremar el cuidado de todas las tareas constructivas**



**Hormigones especiales y últimos avances**

**8- Conclusiones y perspectivas**

- 6 Los hormigones especiales **deben ser considerados desde la concepción misma del proyecto** para que puedan explotarse al máximo todos sus atributos; de todas maneras, si no se ha considerado puede resultar muy valioso su empleo
- 7 Desde el punto de vista constructivo es **fundamental una evaluación económica** considerando no sólo el costo del material ( $m^3$  de hormigón) sino también el de las **ventajas** asociados a su utilización
- 8 Hay que **difundir** en el medio el uso apropiado de hormigones especiales y cuáles son sus **beneficios directos e indirectos**, tanto para las diferentes **partes involucradas** en el diseño, construcción y proveedor de hormigón, como para la estructura
- 9 En lo que respecta al HAC, probablemente se constituya en la **tecnología del hormigón del futuro** y jugará un **rol protagónico en la industria de la construcción**



Ms. Ing. Maximiliano SEGERER - Control y Desarrollo de Hormigones

U.T.N. Facultad Regional SAN RAFAEL - 2 mayo 2013 - MENDOZA