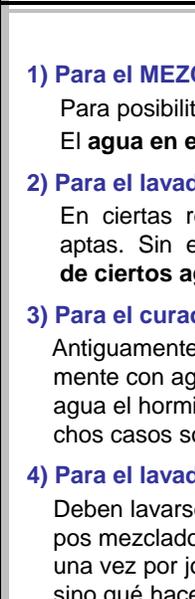


TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN	
Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 5 – AGUA
	<b>APLICACIONES DEL AGUA EN EL HORMIGÓN</b>
	● Usos del agua en la industria del hormigón
	● Impacto ambiental y tendencias
	● Funciones del agua de mezclado
	● Relación a/c y problemas de exceso de agua
	● Aguas aptas y aguas nocivas
	● Disponibilidad de agua en grandes obras
	● Agua reciclada o recuperada
	<b>REQUISITOS NORMATIVOS: IRAM 1601</b>
	● Requerimientos químicos de IRAM 1601
● Ensayos físicos y mecánicos comparativos	
● Disposiciones reglamentarias	

TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN	
Aplicaciones del agua en la industria del hormigón	
	<b>Usos del agua</b>
	<b>1) Para el MEZCLADO del hormigón</b> Para posibilitar las <b>reacciones con el cemento</b> y <b>lubricar la mezcla</b> El <b>agua en exceso</b> (fuera de fórmula) <b>es muy nociva</b> para el hormigón
	<b>2) Para el lavado de agregados</b> (también enfriamiento y paliativo al polvo) En ciertas regiones, los agregados se lavan con aguas que deben ser aptas. Sin embargo, <b>debe considerarse la necesidad real del lavado de ciertos agregados y la disponibilidad del agua</b>
	<b>3) Para el curado del hormigón</b> Antiguamente el curado de obras de hormigón se hacía casi exclusivamente con agua; pero hay que recordar que curar es evitar que pierda agua el hormigón lo cual puede hacerse con otros métodos que en muchos casos son más efectivos (láminas plásticas, membranas de curado)
	<b>4) Para el lavado de equipos mezcladores y de distribución</b> Deben lavarse las canaletas de camiones después de cada viaje y equipos mezcladores (hormigoneras fijas o camiones hormigoneros) al menos una vez por jornada laboral. El inconveniente no sólo es el uso del agua sino qué hacer con el agua de lavado de equipos (pasivo ambiental)

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Usos del agua**

Para todos los usos mencionados, debe emplearse **AGUA APTA**, que cumpla con la Norma IRAM 1601 para evitar que el agua traiga algún efecto contraproducente o distorsione las reacciones de hidratación del cemento. Entre los efectos nocivos, pueden citarse:

- Alteraciones de tiempos de fragüe
- Reducciones de las resistencias mecánicas
- Potenciales problemas de durabilidad y fenómenos expansivos
- Eflorescencias o decoloraciones superficiales
- Aumento de riesgo de corrosión de armaduras



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Impacto ambiental y tendencias**

Debido al enorme consumo de hormigón a nivel mundial (y con tendencia creciente), el agua es un recurso en muchas regiones escaso y es muy relevante su análisis desde los puntos de vista económico y ambiental

No hay estimaciones confiables, pero sólo para el mezclado, se emplean más de 2.000.000.000.000 litros de agua / año (2 trillones) y para el resto de las tareas (lavado de agregados, curado, lavado de equipos) una proporción no menor a un 25% adicional.

Por ello, desde el **punto de vista ambiental tiene un impacto muy relevante**, con lo cual existen tendencias de:

- **Buscar fuentes de agua**, diferentes al agua potable
- **Reutilizar como agua de mezclado al agua de lavado de los equipos**
- Bajar el consumo de agua por m<sup>3</sup> (uso de aditivos y buenos agregados)
- Alternativas diferentes para el curado de estructuras (el curado húmedo es indispensable en pocos casos)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Funciones del agua de mezclado**

El agua de mezclado, tiene dos grandes funciones:

- 1) **Desencadena las reacciones de hidratación** (fragüe y endurecimiento)
- 2) **Lubrica los agregados y cemento**, facilitando la colocación

El agua de mezclado está compuesta por:

- a) **Agua de mezclado agregada a la mezcla** (eventualmente hielo)
- b) **Agua aportada por los agregados** (humedad superficial)
- c) Eventualmente agua de dilución de aditivos y/o adiciones



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

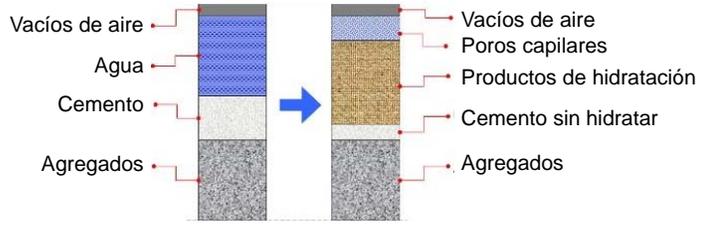
**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Funciones del agua de mezclado**

Para desarrollar las reacciones de hidratación del cemento, se necesita **aproximadamente el 23% de agua del peso del cemento** (a/c 0,23), lo cual salvo muy contadas excepciones, lleva a mezclas extremadamente secas e inmanejables. Con lo cual, **de manera racional y medida se incorporan cantidades de agua del orden del doble al triple (a/c 0,40 a 0,65)**, para darle trabajabilidad al hormigón sin perder de vista resistencia y durabilidad en función del ambiente de exposición.

Con el avance de la hidratación del cemento y adiciones se mejoran progresivamente la resistencia mecánica y durabilidad, ya que al hidratarse se van reduciendo poros de la matriz cementícea.



**Antes de hidratarse**      **Con cierto porcentaje de hidratación**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Relación a/c y Ley de Abrams**

Es una de las leyes fundamentales que regula la Tecnología del Hormigón y la misma tiene vigencia desde hace más de 100 años

La relación agua / cemento es un **parámetro “teórico” muy relevante en el diseño de los hormigones**

En pruebas de laboratorio puede determinarse de manera más o menos precisa, **pero en obra es casi imposible su determinación de forma continua y confiable**

Mide la porosidad de la pasta

**Relación agua / cemento**

DURABILIDAD 1      RESISTENCIA 2

La baja porosidad se controla actualmente de forma Indirecta con roturas de probetas

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Relación a/c y Ley de Abrams**

En realidad, la relación a/c mide la “dilución” del cemento en el agua

- A mayor a/c, más cantidad de agua y quedarán más poros, lo cual conllevará a hormigones poco durables en ciertos ambientes
- A menor a/c, los granos de cemento estarán “más juntas”, logrando mejores propiedades de resistencia y durabilidad

**a/c alta**  
0,70  
H-13, H-17

**a/c media**  
0,50  
H-25, H-30

**a/c baja**  
0,35  
H-50, H-60

Para bajar la relación a/c (mejorar resistencia y durabilidad) se puede:

- Reducir el denominador (bajar agua), con adecuadas dosificaciones, empleo de aditivos reductores de agua, agregados bien graduados, etc.
- Subir el contenido de cemento, lo cual tiene un límite que dependerá del tipo de hormigón que oscila entre 450 y 500 kg/m<sup>3</sup>. Elevados contenidos de cemento a veces no son beneficiosos técnica, económica ni ambientalmente
- Ambas al mismo tiempo para hormigones de alta performance

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Relación a/c y Ley de Abrams**

Lugar: **Estados Unidos** ← **1914**

**Suceso**

Duff Abrams publica sus primeros trabajos, en los cuales vincula relación agua / cemento y resistencia del hormigón; ecuaciones de punto de partida para la tecnología del hormigón y que actualmente tienen plena vigencia. Además, propone el método más empleado para la determinación de la consistencia del hormigón fresco y destaca la importancia del módulo de finura

$S = \frac{A}{B^x} \dots$

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Relación a/c y Ley de Abrams**

Estas curvas no figuran en ningún libro (de usarlas seguramente se cometerán errores. Deben emplearse las leyes obtenidas con ensayos. Esto se logra realizando diferentes pastones (> 5) con diferentes relaciones a/c y ensayando probetas a diferentes edades. Luego se aplican curvas de tendencia.

**Relación entre resistencias y relación agua/cemento**

CPP40 Mendoza  
+ Agregados NQN

◆ 72 horas  
 ■ 7 días  
 ▲ 28 días

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

***Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c***

Muchas veces se altera la relación a/c en obra, mediante la incorporación sin control de agua en obra. Esta práctica no deseada, tiene múltiples efectos no deseados y es muy difícil su contralor en obra.

Se realiza para darle más trabajabilidad al hormigón en obra, menospreciando la calidad final de la seguridad y durabilidad de la obra.

La causa principal, es **un mal pedido del hormigón elaborado** (se solicita con un asentamiento o consistencia más seco de lo que se va a trabajar en obra) y/o **desconocimiento de uso de aditivos o no querer asumir su costo asociado**

En caso de solicitar la consistencia tal como se empleará en obra y/o disponer de aditivos, **no existe necesidad técnica de emplear aditivos** o bien la responsabilidad total recae sobre el proveedor de hormigón

**¿Pero qué riesgos conlleva en la realidad?**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

***Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c***

 **Riesgos para las estructuras**

**Columnas “dudosas”**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

Aplicaciones del agua en la industria del hormigón

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

 **Riesgos para las estructuras**

**Demolición**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

Aplicaciones del agua en la industria del hormigón

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

 **Riesgos para las estructuras**

**Refuerzos**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

Aplicaciones del agua en la industria del hormigón

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**2** Baja de durabilidad de las obras



*Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER*

*Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

Aplicaciones del agua en la industria del hormigón

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**3** Segregación hormigón fresco



¿Es lo mismo “ablandarlo” con agua?

*Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER*

*Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO*

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**3 Segregación hormigón fresco**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

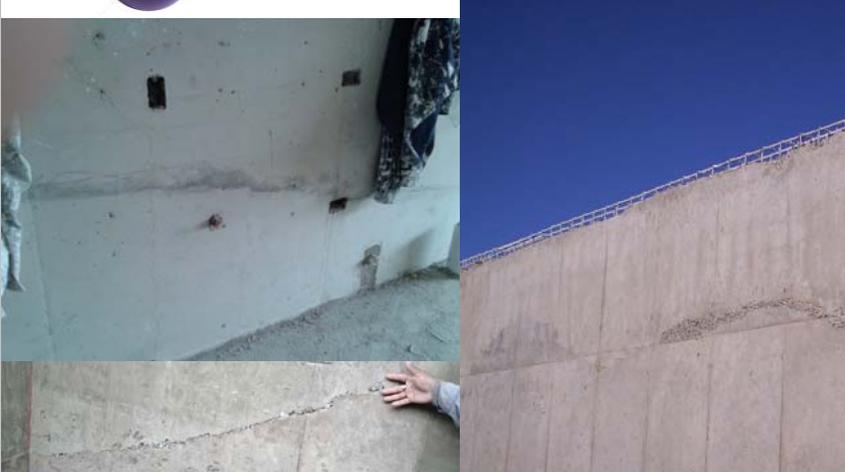
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**4 Defectos en hormigones vistos**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**5 Fisuras**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**5 Fisuras**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**6** **Baja resistencia al desgaste**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**6** **Baja resistencia al desgaste**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

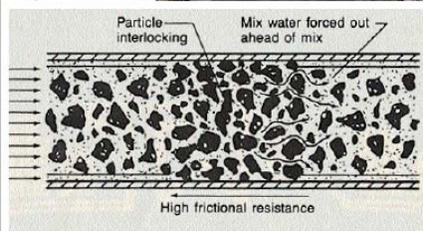
**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**7 Problemas para el bombeo y cañerías**





A blockage occurs if pump pressure forces water out ahead of the mix. Friction between the aggregate and pump line wall increases and the concrete stops moving.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

*Inconvenientes de alterar en obra la relación a/c*

**¿Porqué se adiciona agua al hormigón en obra?**

- a) Desconocimiento de la influencia negativa del agua
- b) Creencia que se “gasta mucho” al utilizar aditivos
- c) Poco interés del constructor en la calidad de las obras
- d) Desconocimiento que existen aditivos
- e) **Mala realización del pedido del hormigón**, sin pensar que los obreros deben trabajar fácil y cómodos el hormigón... **sino, le pondrán agua!**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

***Aguas aptas y nocivas***

El agua de mezclado no debe contener materias en suspensión en cantidades apreciables (salvo para aguas de recuperación de la misma industria del hormigón) y su salinidad debe ser escasa, debido a que a corto o largo plazo podrían traer problemas al hormigón y a sus estructuras

Hay una regla práctica que dice: “Casi **cualquier agua natural que pueda beberse y que no tenga sabor u olor notable, sirve para mezclar hormigones. Pero el agua de mezclado puede no servir para beberla**”

No hay reglas fijas y siempre deben realizarse ensayos. Se citan ejemplos:

- Las aguas de pozo son muy útiles, pero pueden tener cloruros o sulfatos
- Las aguas de residuos industriales pueden contener ácidos
- Las aguas provenientes de minas pueden contener sales o yeso
- Las aguas pantanosas pueden tener alto contenido de materia orgánica
- Las aguas de mar casi nunca son recomendables por su salinidad
- Las aguas con algas pueden incorporar aire
- Las aguas de efluentes de ciertas industrias pueden alterar el fragüe

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

***Aguas aptas y nocivas***

- 1) Materia orgánica**
  - Alteración del fraguado y endurecimiento del cemento
  - Caídas de resistencia mecánicas
- 2) Residuo sólido**
  - Eflorescencias y manchas superficiales
  - Caídas de resistencias mecánicas
  - Expansiones a largo plazo (arcillas)
- 3) pH (potencial hidrógeno)**
  - Alteración del fraguado y endurecimiento del cemento
  - Caídas de resistencias mecánicas
- 4) Sulfatos**
  - Afectan la durabilidad
  - Pueden provocar reacciones expansivas
- 5) Bicarbonatos y carbonatos alcalinos**
  - Efecto acelerador o retardador de fraguado



**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Aguas aptas y nocivas**

**6) Cloruros**  
- Peligro de corrosión de las armaduras

**7) Hierro (Fe<sup>+++</sup>)**  
- Produce coloraciones en el hormigón  
- Disminución de adherencia pasta-agregado

**8) Grasas, aceites, hidratos de carbono, azúcares**  
- Alteración del fraguado y endurecimiento del cemento  
- Pueden inhibir el fraguado  
- Caídas de resistencias mecánicas

**9) Algas**  
- Grandes caídas de resistencias  
- Disminución de la adherencia pasta-agregado

**10) Sales de Mg, Zn, Cu, Pb**  
- Afecta negativamente las resistencias y tiempos de fraguado



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua de curado para hormigones**

- Las **primeras 48 a 72 horas**, el hormigón generalmente se presenta con resistencias mecánicas bajas, aspecto que está condicionado directamente por la **porosidad de la pasta cementícea**

- Es decir, los procesos de hidratación y endurecimiento son **progresivos** y van **disminuyendo la porosidad paulatinamente con el tiempo**, aumentando así la resistencia y durabilidad (disminución de la permeabilidad)

- En el caso de **utilizar agua no apta para el curado del hormigón, penetra fácilmente dentro del hormigón en sus primeras horas**, debido a que éste no opone mucha resistencia al ingreso de fluidos

- El curado se realiza sobre las **caras expuestas** de los elementos de hormigón y **éstas serán las que estarán en contacto con ambientes agresivos** y en general una **zona cercana a las armaduras**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua de curado para hormigones**

- De esta manera, si se emplean aguas sin la calidad debida, justamente **las superficies y los primeros centímetros del hormigón de recubrimiento** podrán presentar:

- Disminución de la **resistencia a la abrasión** en pavimentos
- Disminución de la **resistencia a la erosión** en estructuras hidráulicas
- Concentración elevada de cloruros (prematura **corrosión de armaduras**)
- **Decoloración de superficies**
- Otras patologías superficiales en pisos



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua de curado para hormigones**

No obstante lo anterior, y si bien desde el punto de vista estrictamente teórico el curado con agua puede ser el más beneficioso para el hormigón, desde el punto de vista operativo, ambiental, técnico y ambiental puede ser cuestionable, con lo cual en la actualidad suelen emplearse otros métodos

- No es consistente usar agua potable para curar mientras hay ciudadanos sin esta posibilidad
- En caso de curar con agua se necesita mucha mano de obra y contralor (ej. supervisión los fines de semana o feriados)
- Para losas de hormigón visto, puede ser contraproducente ya que pequeñas fisuras inferiores “invisibles” pueden marcarse con la intromisión del agua de curado y arrastre de productos de hidratación del cemento
- Para pavimentos, es desaconsejado, ya que la arena de los “diques”, va a contaminar las juntas e imposibilitará sus movimientos, induciendo fisuras

Sin embargo, para ciertos casos (fundamentalmente estructuras masivas) es el medio de curado ideal para reducir gradientes térmicos.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua de curado para hormigones**

- Para losas de hormigón visto, puede ser contraproducente ya que pequeñas fisuras inferiores “invisibles” pueden marcarse con la intromisión del agua de curado y arrastre de productos de hidratación del cemento



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua de curado para hormigones**

- Para pavimentos, es desaconsejado, ya que la arena de los “diques”, va a contaminar las juntas e imposibilitará sus movimientos, induciendo fisuras



*Curado de pavimentos con “diques” y agua altamente desaconsejable*

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua de curado para hormigones**

Sin embargo, para ciertos casos (fundamentalmente estructuras masivas) es el medio de curado ideal para reducir gradientes térmicos.



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Disponibilidad de agua en obras de envergadura**

Muchas veces el costo del agua se desprecia en su incidencia en el costo del  $m^3$  del hormigón elaborado y a veces se emplea agua potable, lo cual es claramente cuestionable ya que tiene características para otros fines

Cuando las obras demandan cantidades de agua muy elevadas o bien cuando están alejadas de los centros urbanos, la calidad y costo del agua y su logística asociada cobran gran relevancia



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

***Disponibilidad de agua en obras de envergadura***

Al tomar de fuentes naturales de agua deben hacerse varios análisis (agua de cursos de agua, subterráneas, lagos) para evitar alguna influencia de la estacionalidad y tener los permisos necesarios para su uso. Hay que estudiar diferentes alternativas:

- a) **Encontrar una fuente de agua económica y racional desde el punto de vista ambiental** que cumpla con IRAM 1601
- b) Encontrar una fuente mayoritaria de agua próxima a la planta que si bien no cumpla estrictamente con los requisitos, pueda diluirse
- c) En todos los casos, procurar utilizar el agua de lavado de equipos y reducir el consumo de agua de otras fuentes, tratándola de forma adecuada



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

***Agua reciclada o recuperada y SGA en plantas***

Si bien hace años eran pocas plantas que tenían esta conciencia, cada vez más plantas en la región pretenden reutilizar el agua de lavado de equipos:

- 1) Racionalizar y economizar (ej. electricidad de pozos de agua)
- 2) Cumplir con Sistemas de Gestión Ambiental
- 3) Evitar verter aguas de lavado de equipos que pueden ser contaminantes para cultivos, terrenos o napas
- 4) En ciertos casos, para evitar retirar de proyectos de envergadura esta agua que puede tener costos de disposición final muy elevados



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua reciclada o recuperada y SGA en plantas**

Solo como ejemplo, para una planta que produce 8.000 m<sup>3</sup> / mes

- El consumo mensual de agua de mezclado sería de 1,5 millones de litros
- Diariamente el consumo puede ser del orden de 60.000 a 80.000 litros
- Considerando que la planta tenga 20 camiones y que en el lavado al finalizar la jornada (y de 2 bombas) se consuman 15.000 a 30.000 litros
- El agua que se produce por lavado de equipos es del orden de la cuarta a la tercera parte del agua de mezclado, con lo cual adecuadamente ensayada podría utilizarse para cargar en los camiones 1/3 de agua recuperada y 2/3 de agua de la fuente original

Esto conlleva a grandes beneficios económicos y ambientales, con instalaciones que no tienen elevado costo inicial ni de mantenimiento



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

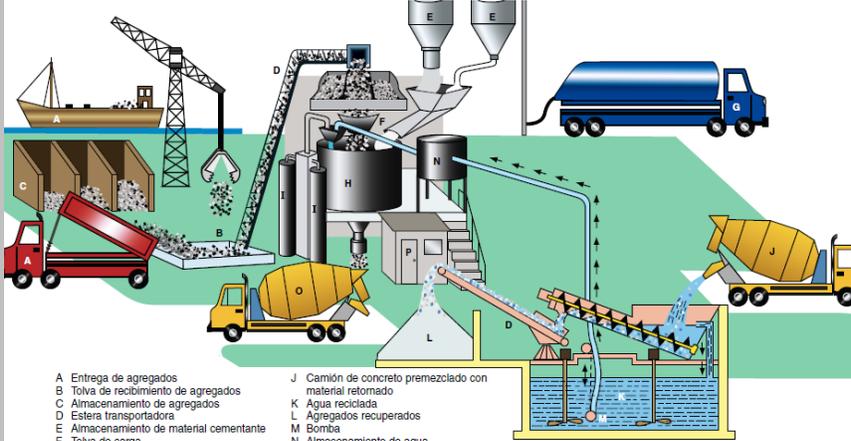
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua reciclada o recuperada y SGA en plantas**

En plantas modernas, debe plantearse un sistema de reutilización de aguas de lavado de equipos, bien sea para agua de mezclado o riego de áridos



<p>A Entrega de agregados</p> <p>B Tolva de recibimiento de agregados</p> <p>C Almacenamiento de agregados</p> <p>D Estera transportadora</p> <p>E Almacenamiento de material cementante</p> <p>F Tolva de carga</p> <p>G Entrega de cemento</p> <p>H Mezcladora</p> <p>I Aditivos</p>	<p>J Camión de concreto premezclado con material retornado</p> <p>K Agua reciclada</p> <p>L Agregados recuperados</p> <p>M Bomba</p> <p>N Almacenamiento de agua</p> <p>O Cargamento del concreto en el camión de concreto premezclado</p> <p>P Sala de control</p>
--	---

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua reciclada o recuperada y SGA en plantas**

- Cada vez de forma más crecientes, las plantas poseen sistemas de avanzada de **reciclado de agua de lavado** que puede emplearse para diferentes usos, mediante **análisis continuos en tiempo real**



*Pileta de reciclado de agua de lavado de equipos*      *Instalaciones de para el lavado de equipos con sedimentadores*

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua reciclada o recuperada y SGA en plantas**

*Esquema de reutilización de agua y reciclado de agregados*



Ingreso Mixer o Bomba      Dosificador      Recicladora      Reciclado de Agregados > 0.2 mm

Reutilización Agua Gris      Reciclado de Agua Gris finos < 0.2 mm

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Aplicaciones del agua en la industria del hormigón**

**Agua reciclada o recuperada y SGA en plantas**






Reutilización de agua y agregados

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

Contenido	TdH UNCuyo - TEMA 5 – AGUA
	<b>APLICACIONES DEL AGUA EN EL HORMIGÓN</b>
	● Usos del agua en la industria del hormigón
	● Impacto ambiental y tendencias
	● Funciones del agua de mezclado
	● Relación a/c y problemas de exceso de agua
	● Aguas aptas y aguas nocivas
	● Disponibilidad de agua en grandes obras
● Agua reciclada o recuperada	
	<b>REQUISITOS NORMATIVOS</b>
	● Requerimientos químicos de IRAM 1601
	● Ensayos físicos y mecánicos comparativos
	● Disposiciones reglamentarias

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Requisitos normativos**

**Norma IRAM 1601:12**

La Norma IRAM 1601:12 “Agua para el mezclado y curado de morteros y hormigones de cemento Portland” ha tenido un cambio tecnológico considerable desde su versión anterior de 1986, permitiendo el uso de agua recuperada de lavado de equipos.

La norma fuera de vigencia (que aún figura en Pliegos), fijaba un “techo” de pH en un valor de 8,0 y un contenido de residuo sólido bajo de 5000 ppm, para cualquier aplicación. Eliminando este valor máximo (ya que el hormigón es básico y si se emplea un agua con pH elevado de procesos en la industria no trae problemas) y aumentando en 10 veces el residuo sólido admisible (ya que estos sólidos si son de agua recuperada son sólidos “afines” de los componentes del hormigón); se permite reciclar el agua y volver a cargarla como parte del agua de mezclado

Asimismo, extendió sus límites de sustancias nocivas admisibles y regula el contenido de álcalis, poniéndose en sintonía con normas internacionales de agua de mezclado



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Requisitos normativos**

**Norma IRAM 1601:12**

**1) Requerimientos de análisis químico**

PARÁMETRO A EVALUAR		Valores admisibles
Material orgánico, expresada como mg de materia orgánica en mg/L de O <sub>2</sub> (DBO oxígeno consumido)		≤ 3
Residuo sólido (mg/L)	Agua recuperada de procesos de la industria del hormigón	≤ 50.000
	Agua de otros orígenes	≤ 5.000
pH	para uso como agua de mezclado	≥ 4,0
	para uso como agua de curado	≥ 6,0
Sulfatos, como SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> en mg/L		≤ 2.000
Cloruros, como anión Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Hormigón simple	≤ 4.500
	Hormigón armado	≤ 1.000
	Hormigón pretesado	≤ 500
Hierro, como catión Fe <sup>+3</sup> en mg/L (solo curado)		≤ 1,0
Álcalis, Na <sub>2</sub> O <sub>equiv</sub> (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O) en mg/L		≤ 1.500

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Requisitos normativos**

**Norma IRAM 1601:12**

**2) Requerimientos de ensayos físicos y mecánicos**

Se realizan ensayos comparativos al mismo tiempo sobre pasta de cemento y morteros normalizados, con agua apta (puede ser destilada) y con el agua en estudio. Estos ensayos deben cumplirse simultáneamente a los ensayos químicos de aptitud antes descriptos.

- 1) **Los tiempos de fragüe** inicial y final (aparato Vicat, pasta de cemento), **no deben variar en +/- 25%** de los obtenidos para el agua apta
- 2) **Las resistencias a compresión a 7 días** (probetas cúbicas 4 cm ó 5 cm de mortero normalizado) **no deben ser reducidas en más de un 10%**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Requisitos normativos**

**Norma IRAM 1601:12**

**2) Requerimientos de ensayos físicos y mecánicos**

Los ensayos no se realizan sobre probetas de hormigón ni con agregados locales, y a que los mismos podrían aportar algún elemento ajeno (sales, materia orgánica) que distorsione el ensayo comparativo de las aguas

**En caso de no cumplir con los ensayos químicos y/o tolerancias de ensayos de fragüe y resistencias tempranas, el agua debe se rechazada o bien mezclada con otra agua apta hasta cumplir con los requerimientos, lo cual deberá ser verificado por nuevos ensayos**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

**TEMA 5 – AGUA EN LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN**

**Requisitos normativos**

**Disposiciones del CIRSOC 201:05**

**DISPOSICIONES GENERALES** **Artículo 3.3**

- El agua de **lavado de áridos, mezclado y curado** del hormigón debe cumplir con los **requisitos** de la norma **IRAM 1601-12**
- El agua proveniente de la **red de agua potable es considerada apta**

**OTRAS DISPOSICIONES**

- En ningún caso se emplearán agregados finos y/o gruesos extraídos de **playas marítimas**, que hayan estado en contacto con aguas que contengan **sales solubles** o que contengan restos de cloruros o sulfatos, sin antes haber determinado el contenido de las mencionadas sales
- La cantidad de **sales solubles** aportadas al hormigón por el **agregado fino y/o grueso** no incrementará el contenido de **cloruros y sulfatos** del agua de mezclado **más allá de los límites establecidos** en la **norma IRAM 1.601**, correspondiente a "Agua de mezclado"
- El agregado fino y/o grueso que **no cumpla** con la anterior exigencia será sometido al **lavado adecuado**, con agua de las características necesarias, a los efectos de reducir el contenido de sales solubles

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO