

HECHOS EN
CONCRETO

Materiales Cementantes Suplementarios: Una estrategia sostenible para concretos durables

Paula Andrea López Sánchez

Líder técnico de infraestructura - Sumicol Corona S.A.

ALION
CEMENTOS
HOLINS corona



Contenido

1. Introducción y definiciones
2. Tipos de MCS, especificaciones y uso
3. Formulando concretos Durables
4. Concretos costo-eficientes
5. Camino hacia la sostenibilidad

1. Introducción y definiciones

Materiales cementates suplementarios



Humo de sílice



Ceniza



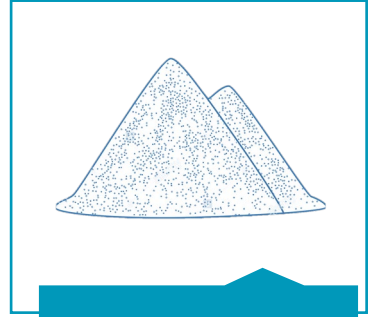
Escoria cementante



Puzolana natural



Metacaolín

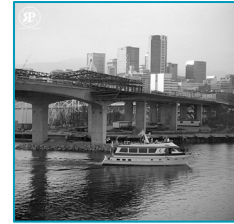
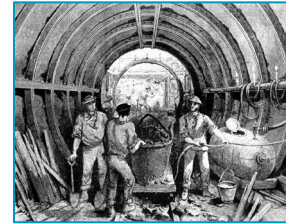


otros

Son materiales silíceo - aluminosos capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio (CH) libre para formar productos cohesivo estables como el CSH.

1. Introducción y definiciones

Inspiración en la historia



Griegos

Romanos

Romanos

Mayas y

Alemania

Noruega

América

Hoy

500 a. C.

300 a. C.

70 d. C.

Aztecas

1774

Oslo

1980s

900 a 1521

1887

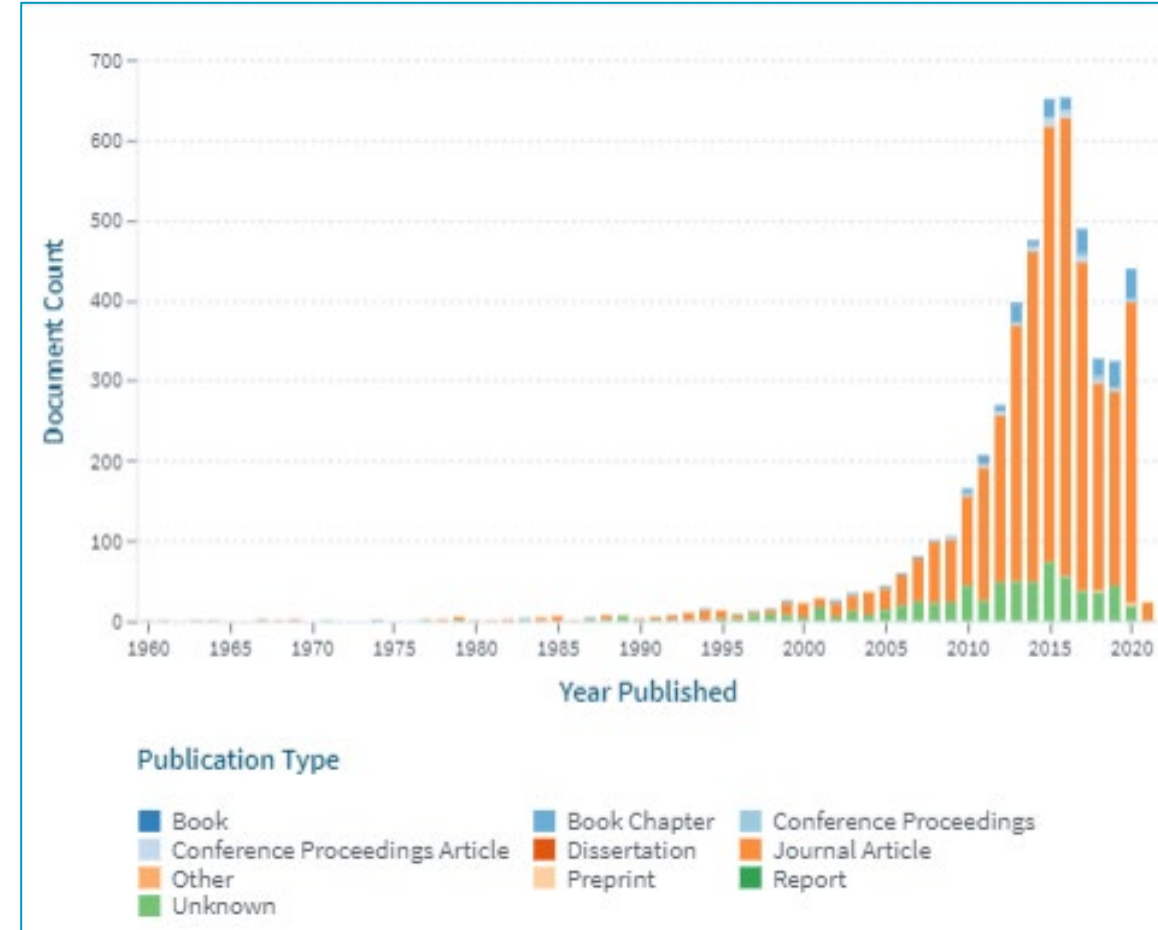
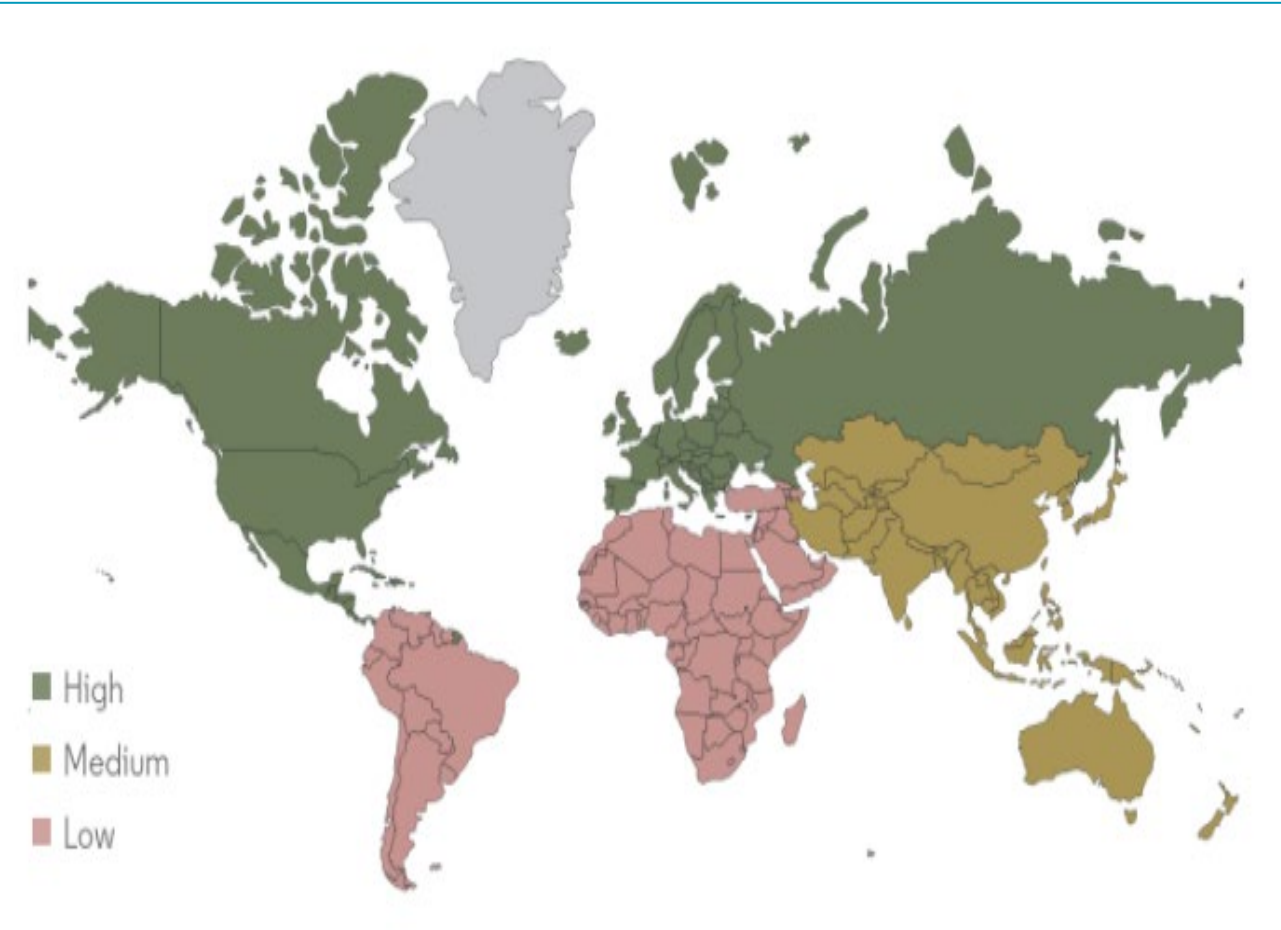
1950s

d. C.

Fuente: Revista cyt, Construction and Building Materials, Elkem materials

1. Introducción y definiciones

Actualidad: Uso y estudio en el mundo

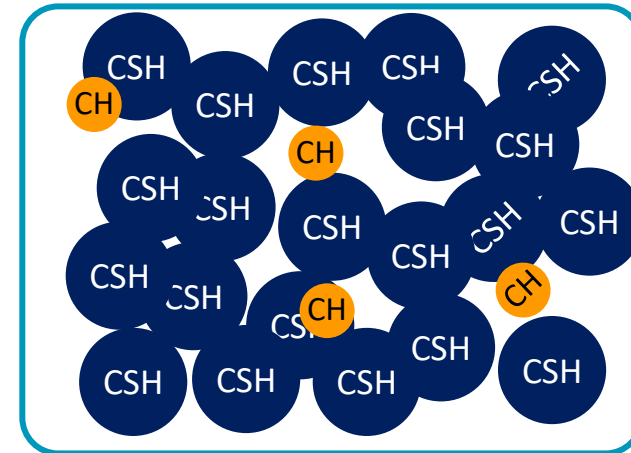
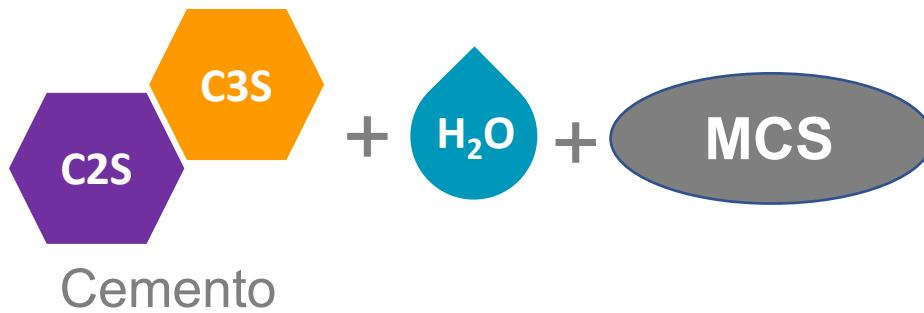
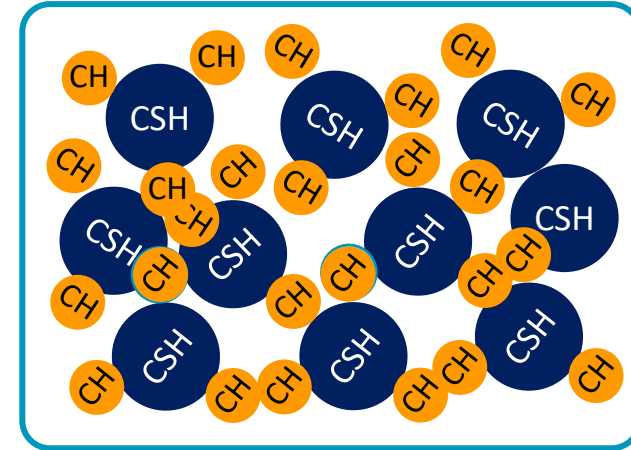
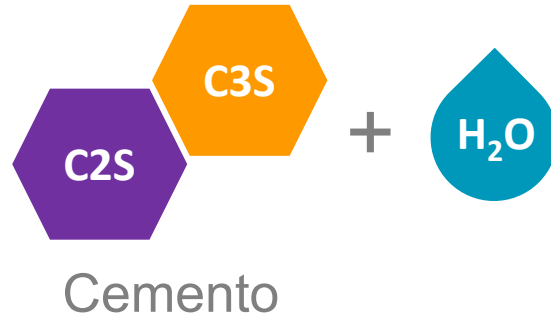


1. Introducción y definiciones

Reacción de los MCS

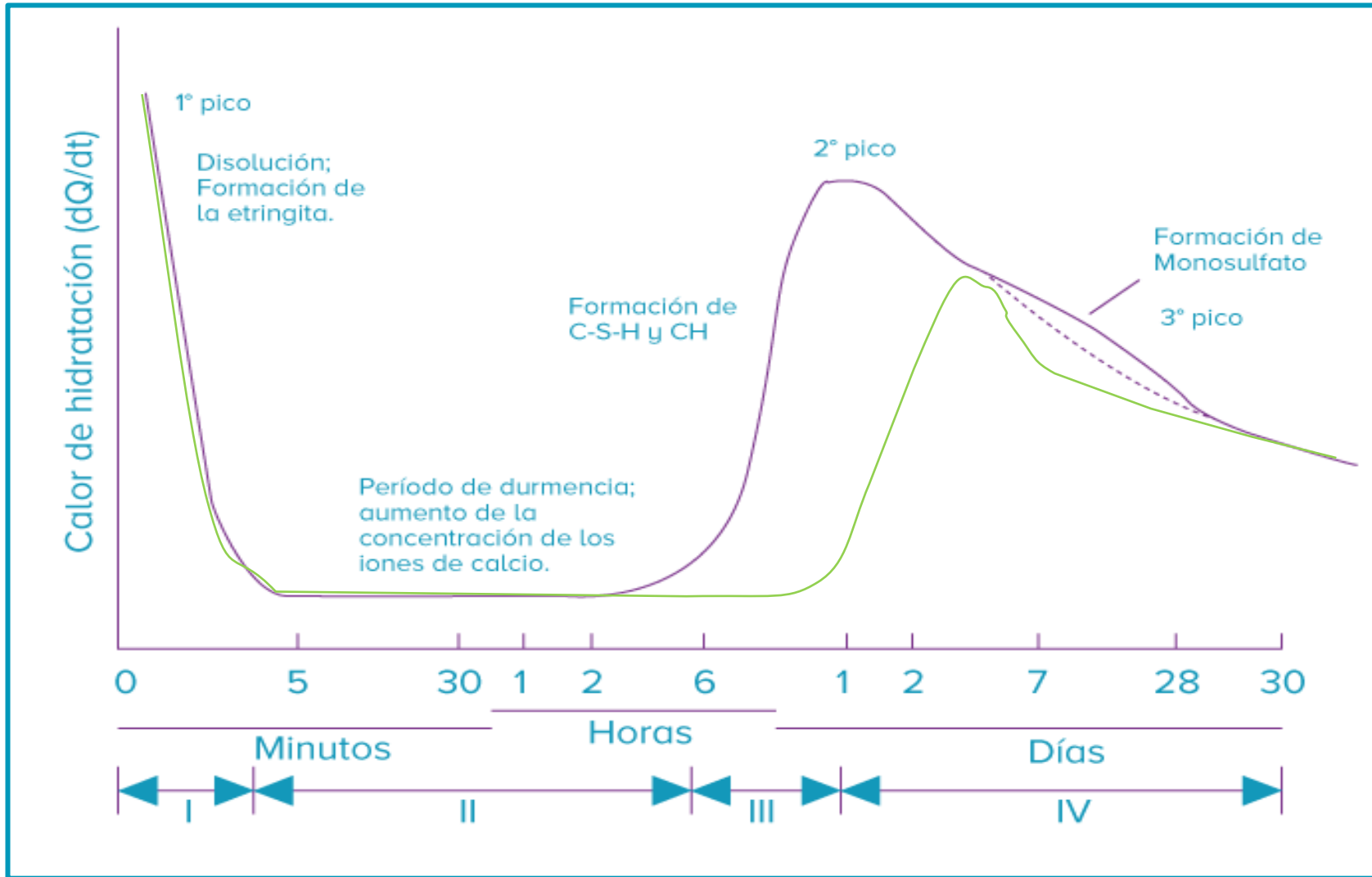
Portlandita 

Tobermorita 



1. Introducción y definiciones

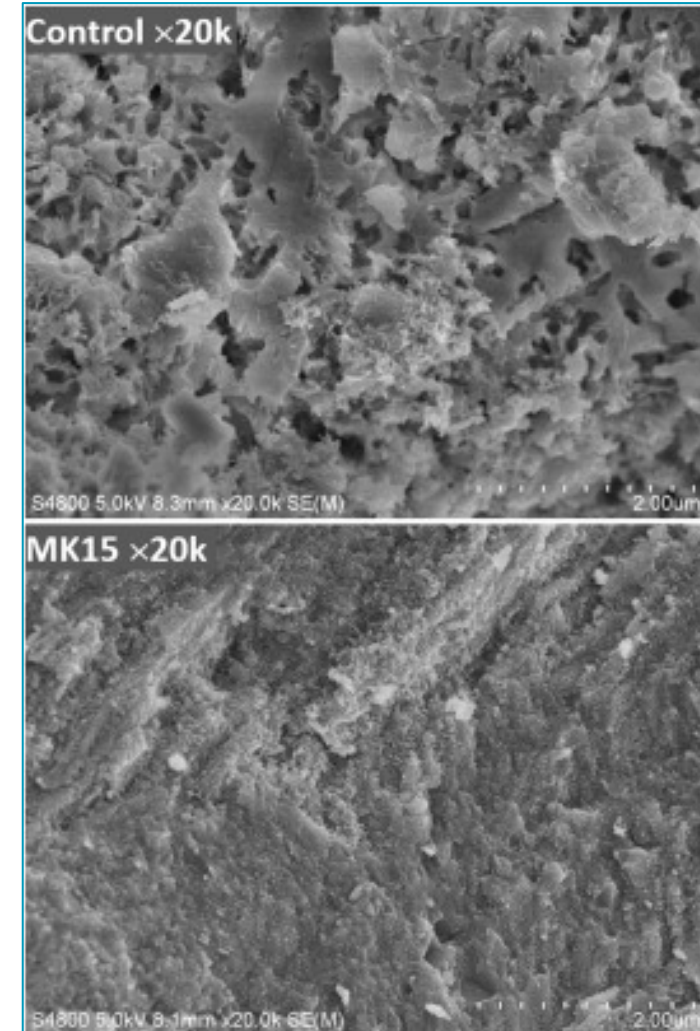
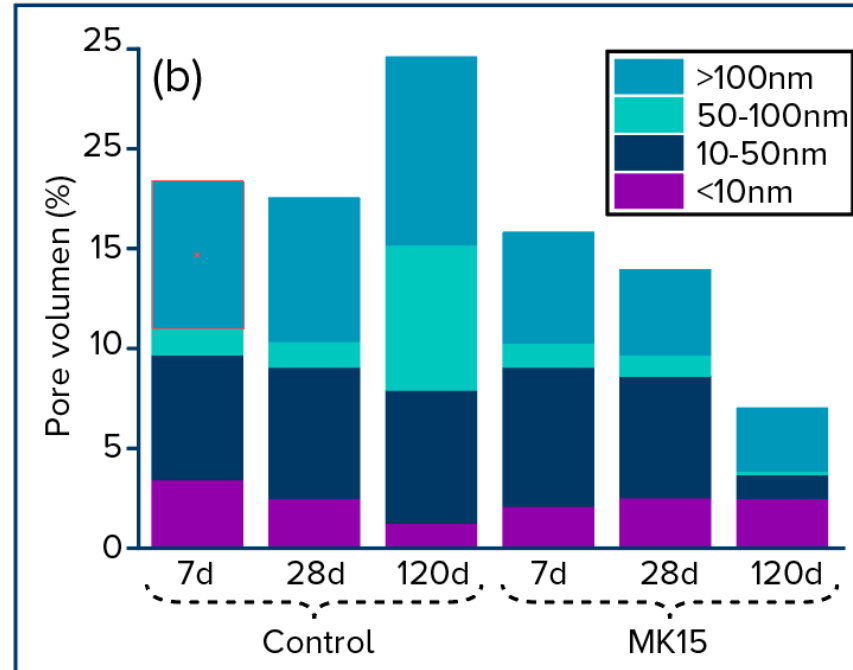
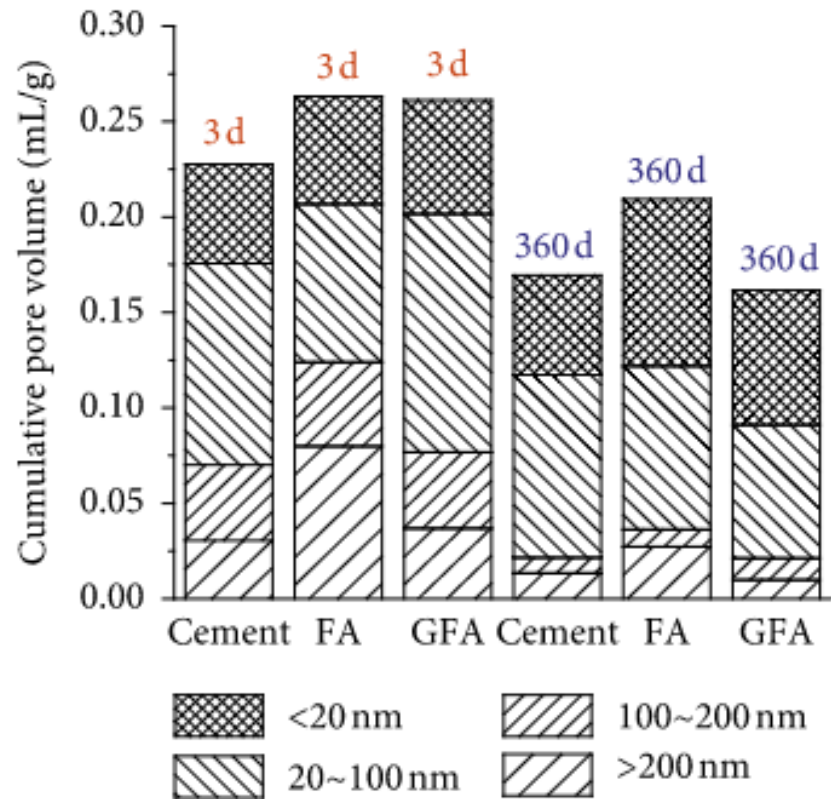
Cinética de reacción



— OPC
— MK al 10%

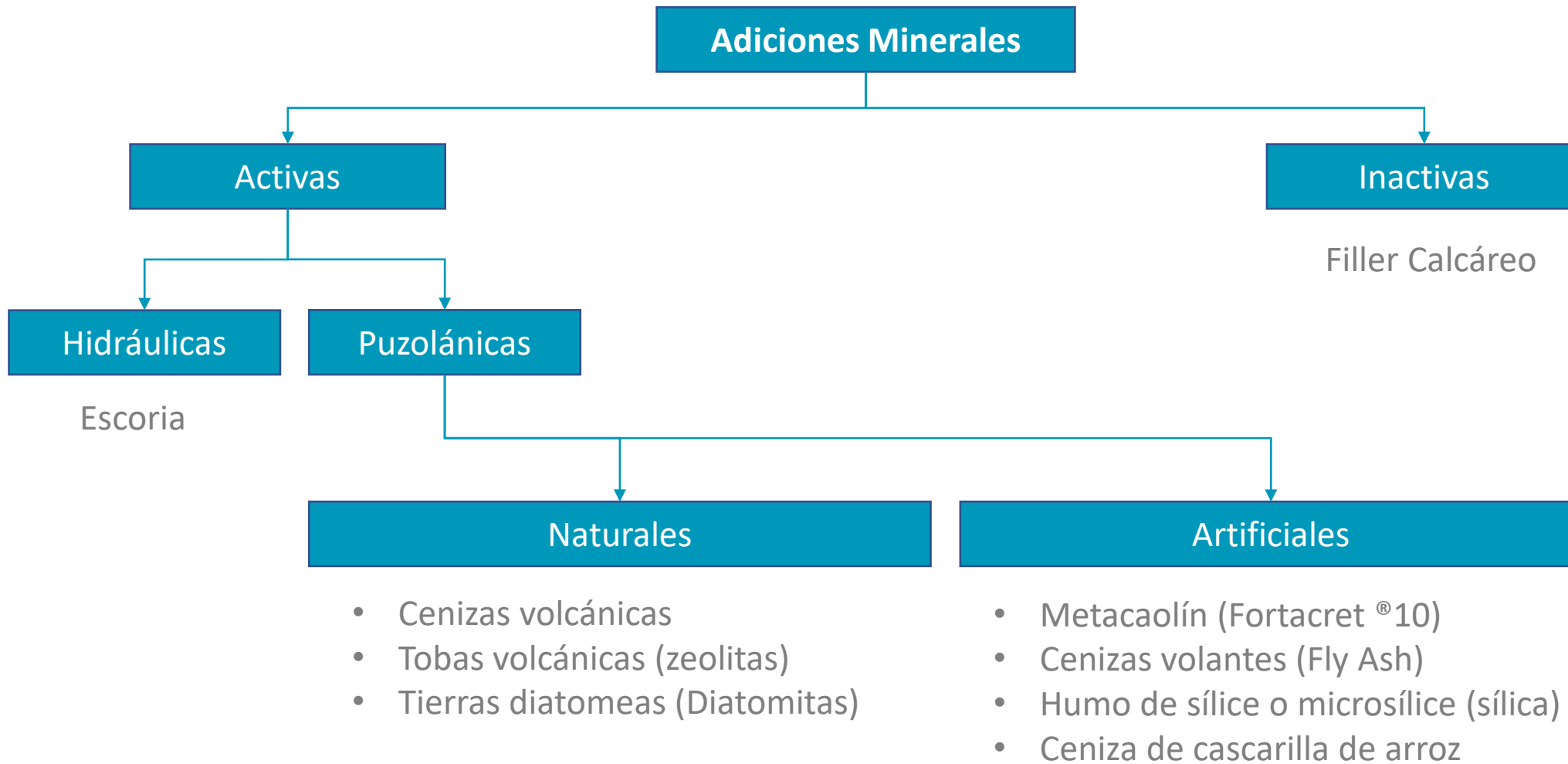
1. Introducción y definiciones

Refinamiento de poros



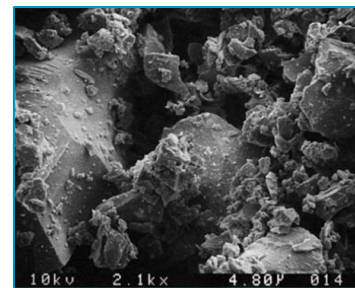
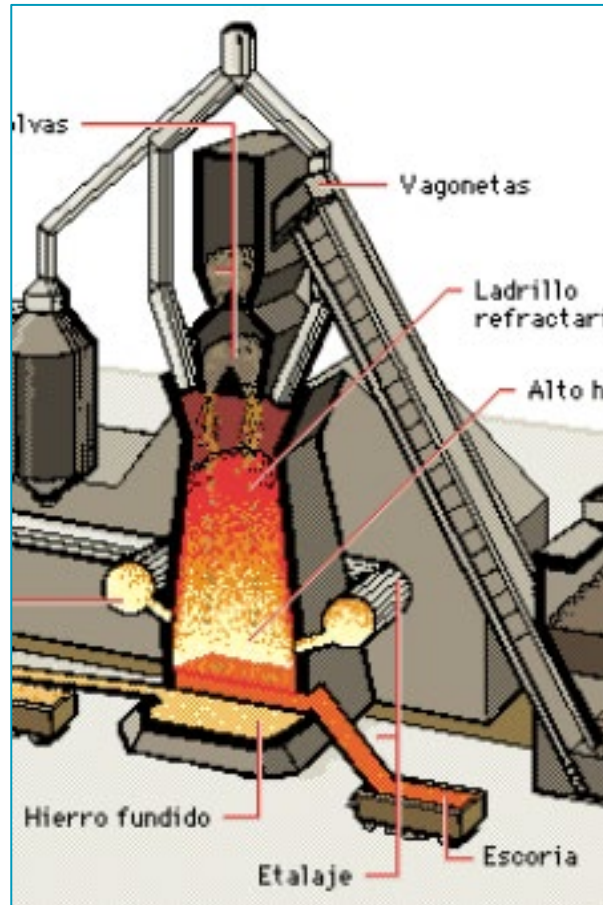
2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Adiciones minerales



2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Escoria de alto horno (Slag granulated blast-furnace)



Requisitos de norma ASTM C989

Químicos:

- Sulfuro de azufre (S), <2,5%
- Sulfato SO_3 , <4.0%
- Total Alkalies ($Na_2O + 0.658 K_2O$) min % 0.60 - max % 0.90

Físicos:

- Retenido (325) <20%
- SAI para 5 ensayos consecutivos
- Grado 80 a 7 días > ... a 28 días > 75%
- Grado 100 a 7 días > 75 a 28 días > 95%
- Grado 120 a 7 días > 95 a 28 días > 115%

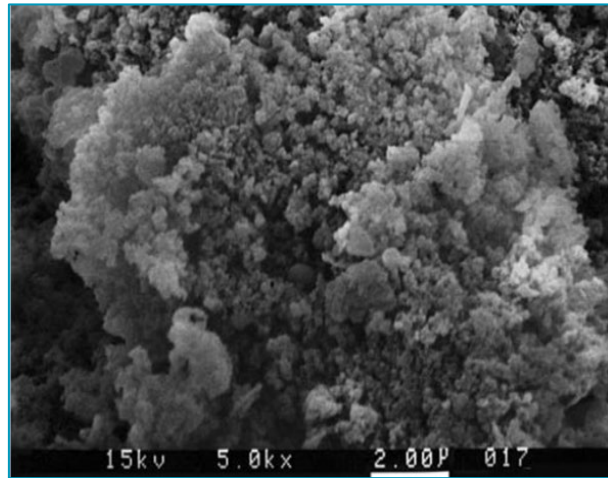
2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Microsílice (Silica fume)



Características

- Es un subproducto de la industria de las aleaciones de hierro
- El tamaño de la partícula 50% < 150nm y el 25% < 100nm
- Forma esférica
- Alto contenido de sílice amorfa



Requisitos de norma ASTM C1240

Químicos:

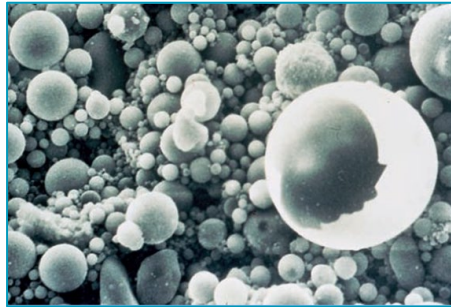
- SiO₂, Min, 85.0 %
- Humedad, Max, %: 3.0
- PPI, Max, %: 6.0

Físicos:

- Blaine, min, m²/kg: 15.000
- Retenido (325) < 10%
- SAI a 7 días > 85%

2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Ceniza volante (Fly ash)



Características

Es un subproducto de la combustión del carbón utilizado en la industria de las termoeléctricas.

- Puede tener diámetros entre $1\mu\text{m}$ y $150\mu\text{m}$.
- Formas irregulares y esféricas .

Requisitos de norma ASTM C618 (Clase F)

Químicos:

- $\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$
- $\text{SO}_3 < 5\%$
- $\text{PPI} < 6\% *$

Físicos:

- Retenido (325) $< 34\%$
- SAI a 7 y 28 días $> 75\%$
- Requerimiento de agua 105%

2. Tipos de MCS, especificaciones y uso Metacaolín (Fortacret®10)

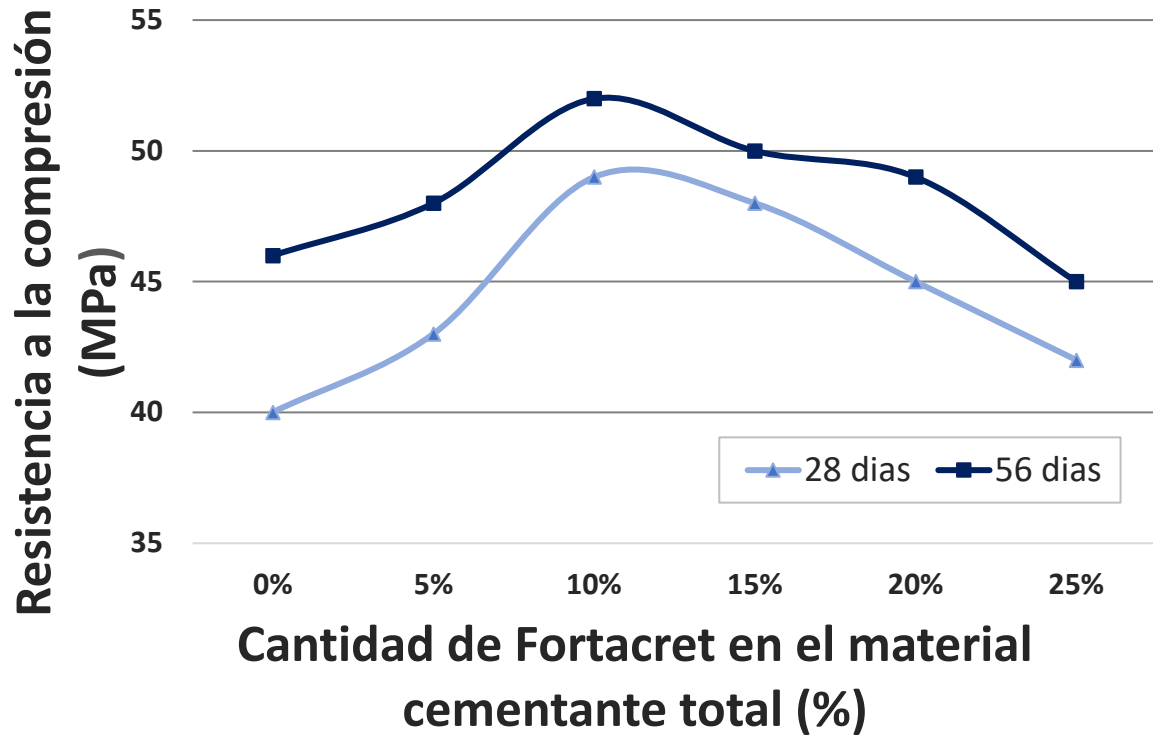


	Propiedades	Requisito	Valor típico
Químicas	% SiO ₂ + % Al ₂ O ₃ + % Fe ₂ O ₃	> 70%	>85%
	% SO ₃	< 4%	< 0,5%
	PPI	< 10%	< 2,5%
Físicas	SAI (Strength Activity Index)	> 75%	>110%
	Requerimiento de Agua	< 115%	<110%
	Retenido sobre malla 325	<34%	<5%
	Reactividad Puzolánica (Chapelle)	-	>1000 mg Ca(OH) ₂ /g

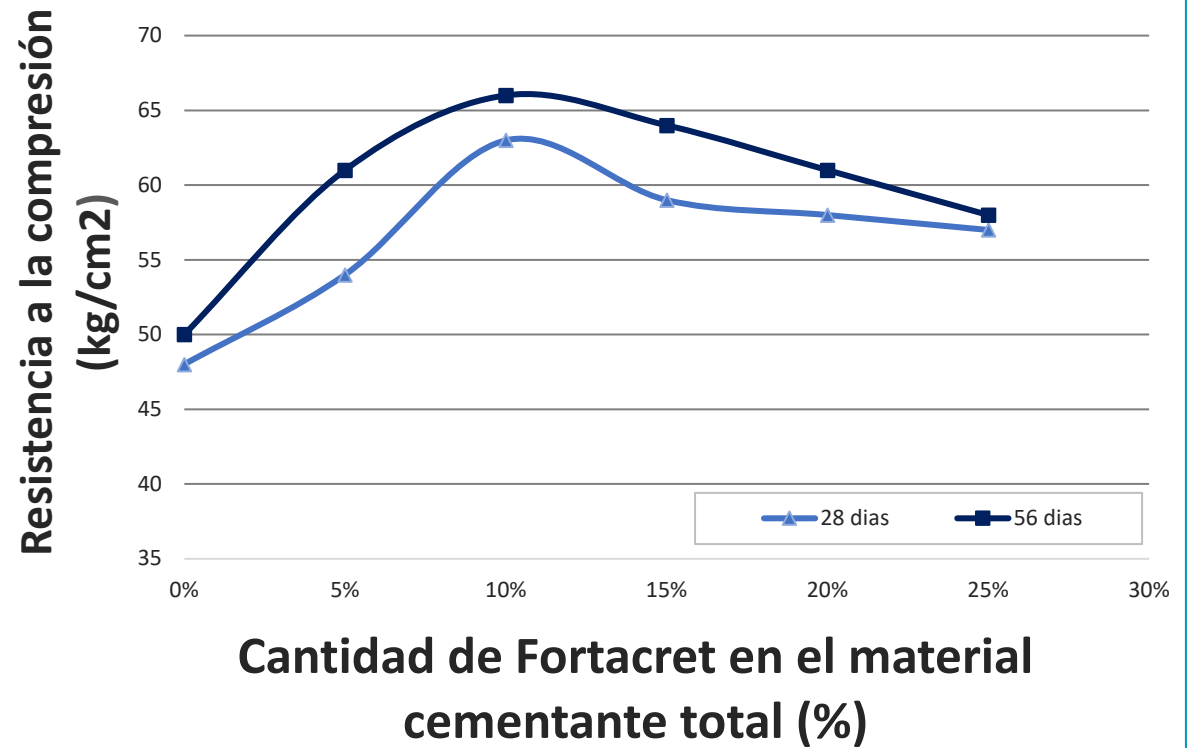
2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Aumentando la durabilidad y el desempeño con Metacaolín (Fortacret®10)

Resistencia a compresión



Resistencia a flexión (Módulo de rotura)



2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Aumentando la durabilidad y el desempeño con Metacaolín (Fortacret®10)

Resistencia a la erosión



Factores que generan la erosión:

- Transporte de compuesto químicos
- Transporte de partículas
- Fenómeno de cavitación

Concreto convencional (ASTM C1138)



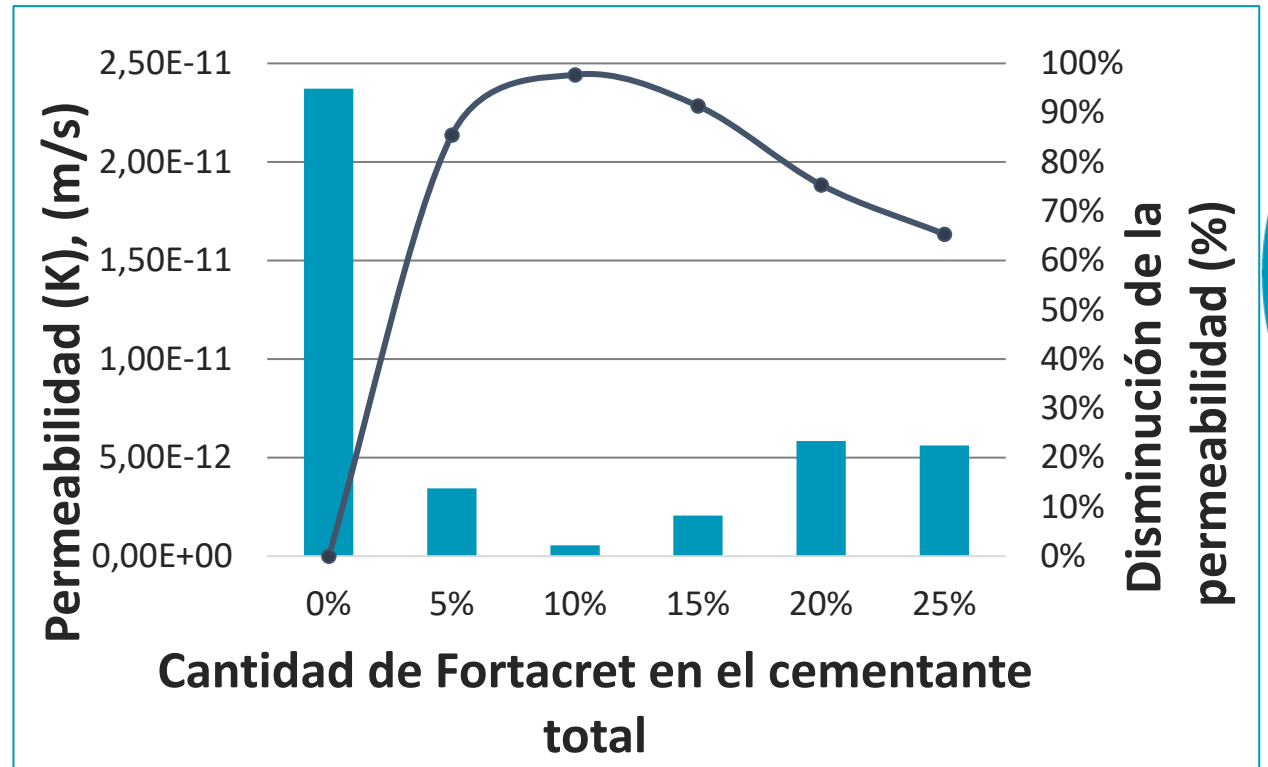
Concreto adicionado con Fortacret®



2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Aumentando la durabilidad y el desempeño con Metacaolín (Fortacret®10)

Disminuye la permeabilidad



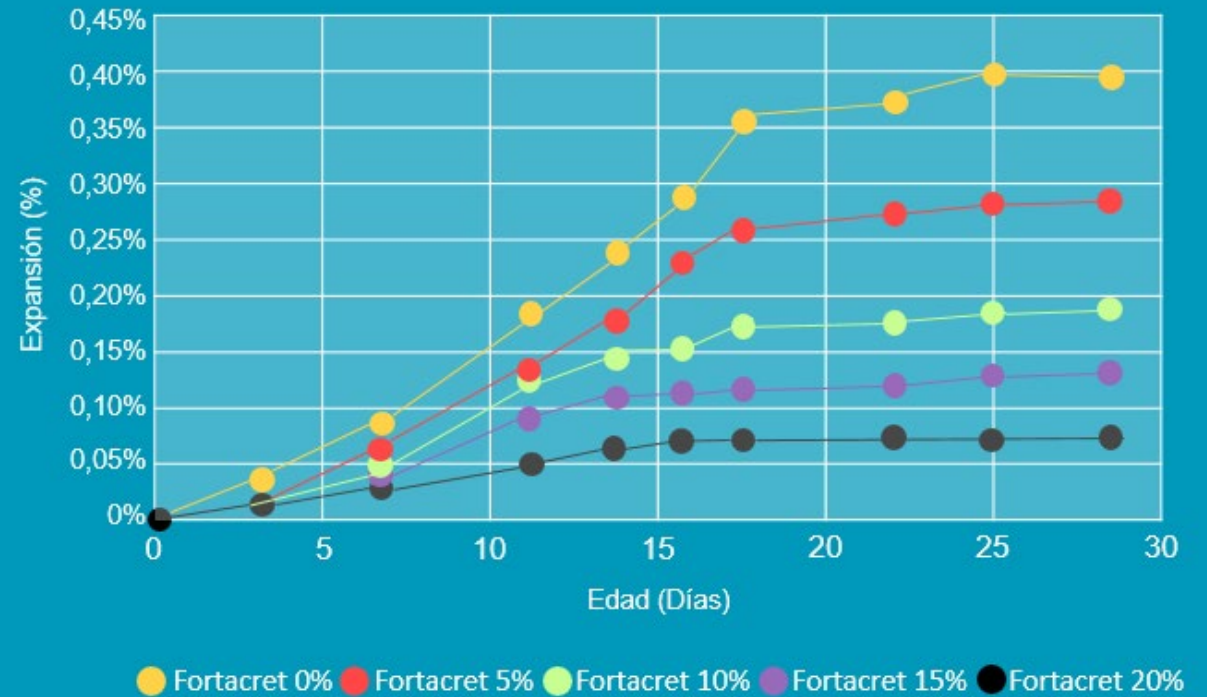
2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Aumentando la durabilidad y el desempeño con Metacaolín (Fortacret®10)

Resistencia a la reactividad álcali sílice



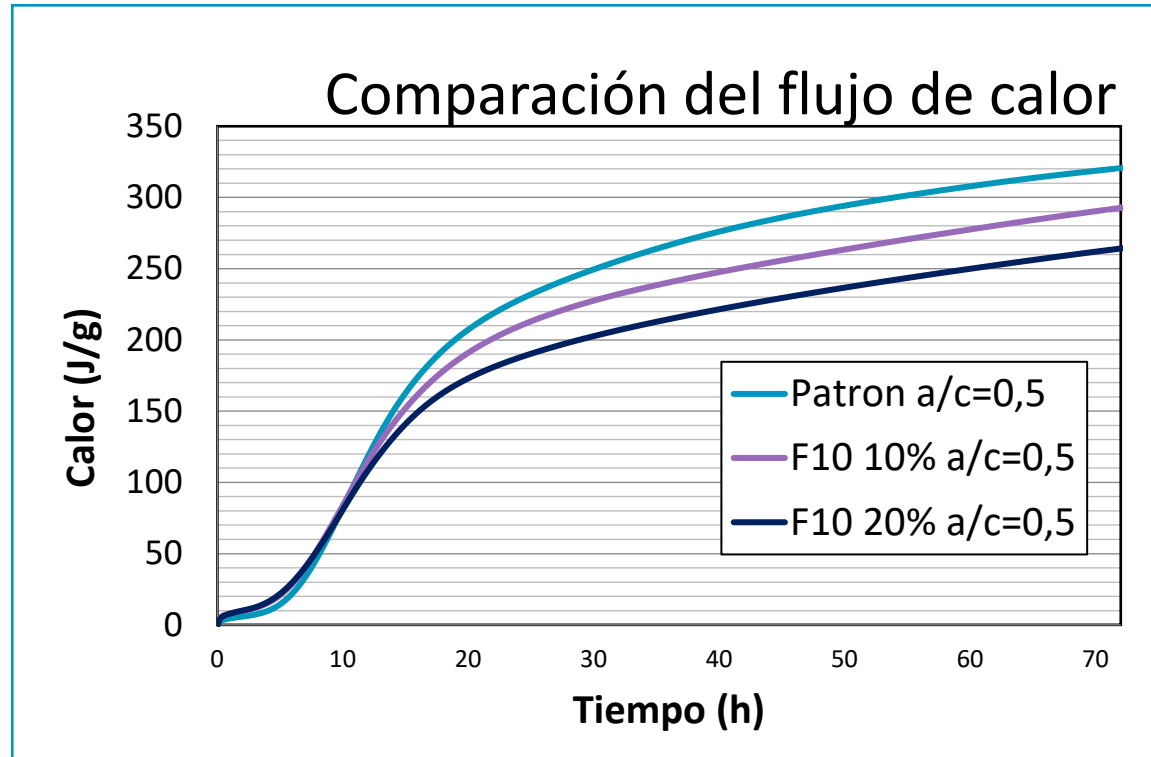
Ejemplo de control de expansión con adición de Fortacret



2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Aumentando la durabilidad y el desempeño con Metacaolín (Fortacret®10)

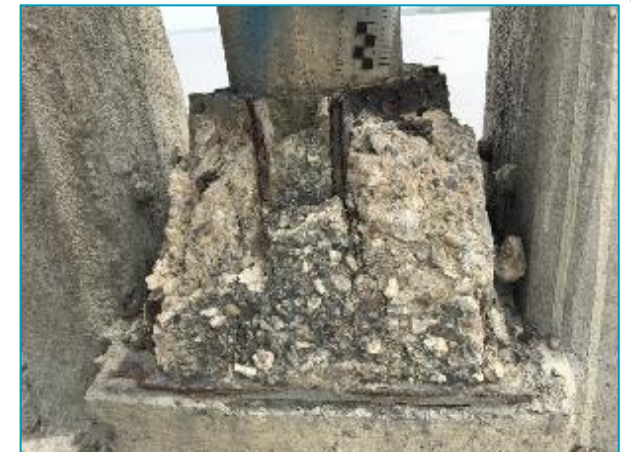
Disminuye el calor de hidratación



2. Tipos de MCS, especificaciones y uso

Aumentando la durabilidad y el desempeño con Metacaolín (Fortacret®10)

Mitiga el ataque por sulfatos
y el ingreso de iones cloruro



HECHOS EN
CONCRETO

¿Algunas preguntas?

ALION
© SEMENTOS
© MOLINS corona

3. Formulando concretos durables

Solicitaciones del proyecto



Requerimientos del concreto en estado fresco



Resistencia mecánica



Durabilidad por tipo de exposición

3. Formulando concretos durables

Conozcamos los efectos en el concreto en estado fresco

Desempeño	Ceniza	Escoria	Metacaolín (Fortacret®)	Microsílice
Demanda de Agua	↕	↓	↑	↑
Trabajabilidad	↑	↑	↓	↓
Segregación	↕	↓	↓	↓
Tiempos de Fraguado	↑	↑	↓	↓
Contenido de Aire	↓	↔	↓	↓
Calor de hidratación	↓	↓	↓	↔

↑ Aumenta ↓ Reduce ↔ No impacta ↕ Puede reducir o incrementar

- ✓ Modificable con aditivos.
- ✓ La dosis del MCS modifica el efecto.
- ✓ La finura incide en la reología del concreto.

3. Formulando concretos durables

Conozcamos los efectos en el concreto en estado endurecido

Desempeño	Ceniza	Escoria	Metacaolín (Fortacret®)	Microsílice
Resistencia a edad temprana	↓	↕	↑	↑
Resistencia a 28 días o posterior	↑	↑	↑	↑
Abrasión	↓	↔	↑	↔
Permeabilidad	↔	↓	↓	↓
Mitiga RAS	↑	↑	↑	↑
Resistencia a sulfatos	↕	↑	↑	↑
Resistencia erosión	↕	↔	↑	↑
Control de retracción	↔	↔	↑	↑

- ✓ Dependerá del uso, como adición o suplemento.
- ✓ La dosis del MCS determina el efecto.
- ✓ Dosificación por desempeño no por prescripción.

 Aumenta
  Reduce
  No impacta
  Puede reducir o incrementar

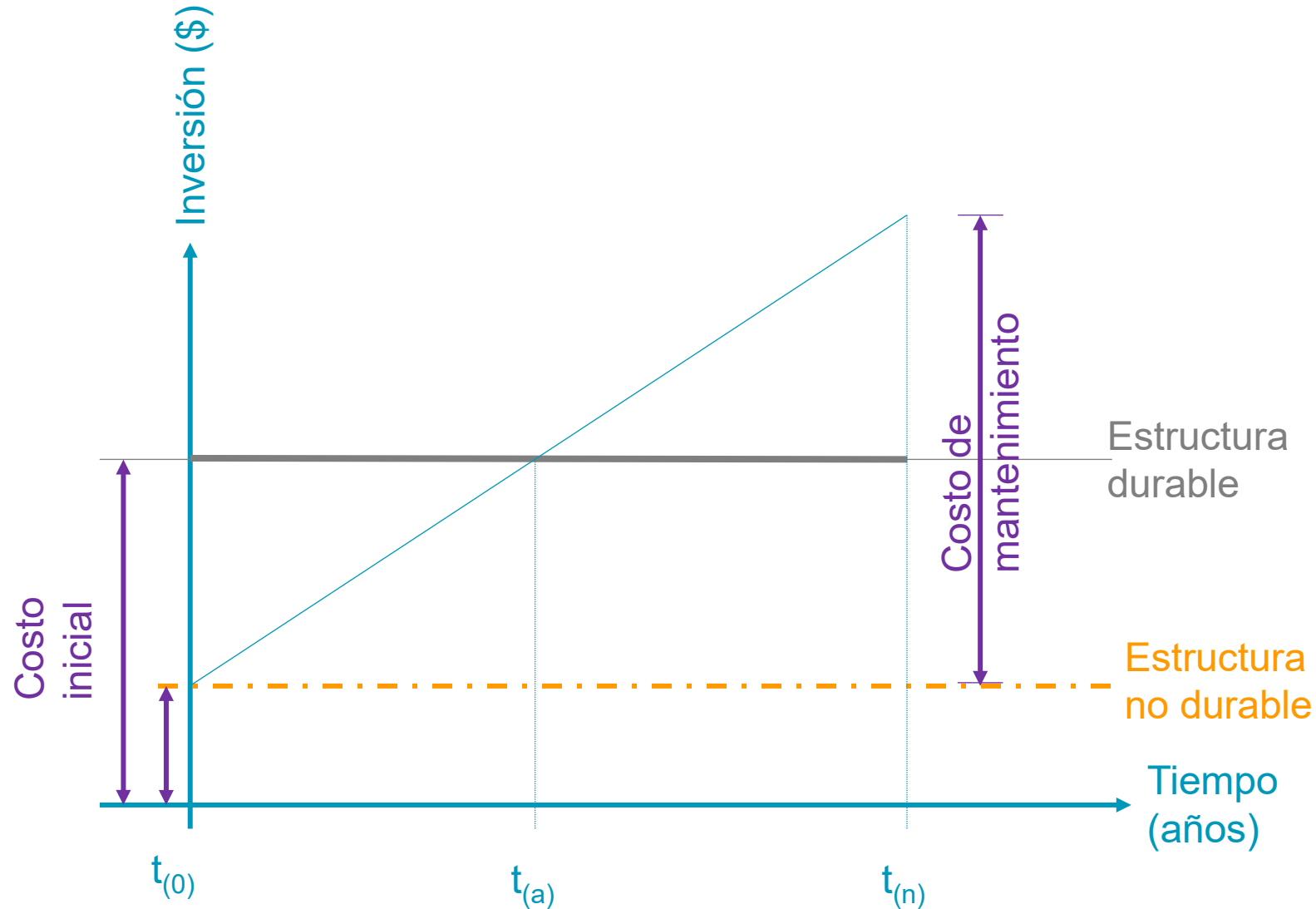
3. Formulando concretos durables

Consideraciones adicionales

- ✓ Límites de uso (no confundir cemento y concreto).
- ✓ Las combinaciones entre MCS en el concreto deben ser verificadas por desempeño.
- ✓ Cumplimiento de las especificaciones del producto y requisitos opcionales.
- ✓ Solicitaciones por durabilidad.
- ✓ Análisis técnico-económico.
- ✓ Diseños prescriptivos o por especificación.
- ✓ ¡No todo aparece en planos!, analizar también lo que no está especificado.
- ✓ Optimizaciones de mezcla.

4. Concretos costo-eficientes

Un ahorro a largo plazo



El verdadero ahorro de una estructura diseñada por durabilidad se verá en la operación de la misma


5. Camino hacia la sostenibilidad

MCS: Una estrategia sostenible



MCS





¡Podemos continuar siendo **responsables**
con la **durabilidad** de lo que construimos!

- **Asesores** en el conocimiento de los MCS
- **Métodos** de medición del desempeño
- **Experiencias** en el uso – Casos de éxito

HECHOS EN
CONCRETO

Para terminar,
¿preguntas finales?

ALION
GERENTES
MOLINS corona

Si necesitas más información para tus proyectos de infraestructura, **¡Contáctanos!**

Hernán Pimentel

**Gerente de Ventas Sector Constructor,
Transformador e Infraestructura**

hpimentel@alion.com.co

320 491 91 97

Paula Andrea López

**Líder técnico de infraestructura - Sumicol
Corona S.A.**

plopez@corona.co

317 643 62 28

Línea Siempre Firme

- **Medellín:** 6044747
- **Bogotá:** 3905454
- **Bucaramanga:** 6985555
- **Cali:** 4868888
- **Pereira:** 3402422
- **WhatsApp:** 310 275 1 300
- siemprefirme@alion.com.co

¡Gracias!

ALION
MEMBROS
CORONA