



Propiedades físicas y químicas del cemento y su aporte a la disminución de la sorcibilidad del concreto

Contenido

1. Hidratación del cemento.
2. Efecto de las adiciones.
3. Relación agua –cemento.
4. Porosidad capilar.
5. Importancia del curado.
6. Finura.

Cemento hidráulico

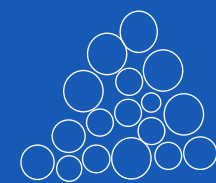
Definición

Es un cemento que fragua y toma resistencia por una reacción química con agua y que es capaz de hacerlo incluso bajo el agua. Ejemplo: cemento Pórtland, cementos obtenidos mediante mezclas.



Componentes

01



Clínker

Componente activo del cemento que es el principal responsable de sus propiedades.

02



Yeso

Sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
Su función principal es retardar el fraguado.

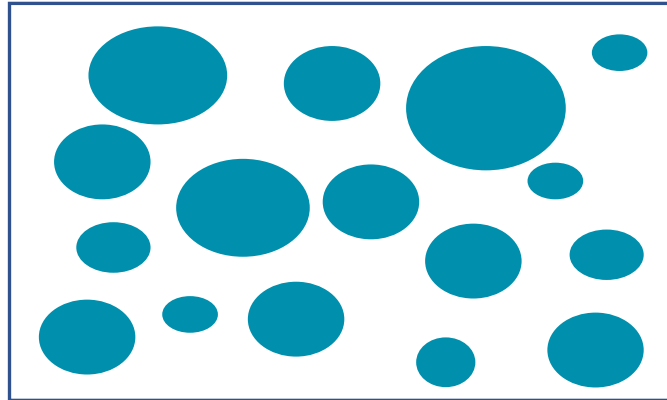
03



Adiciones

Caliza, escoria, cenizas, metacaolín, que pueden incidir en algunas propiedades.

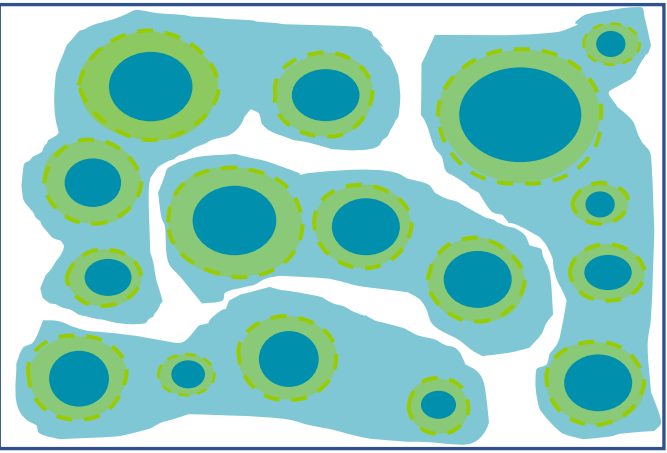
Hidratación del cemento



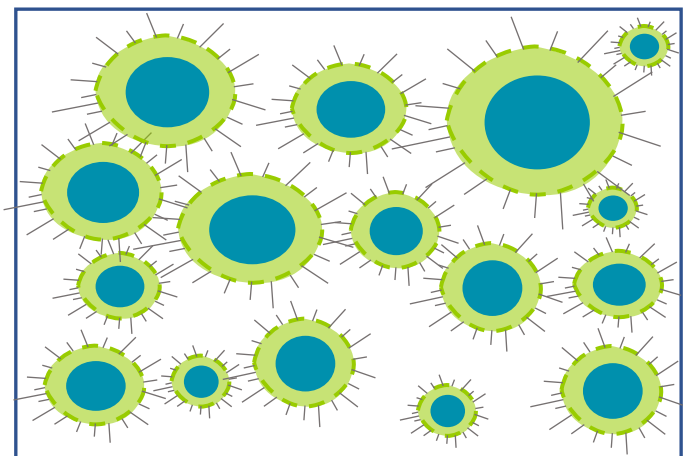
T = 0
Granos de
cemento

1 gramo de cemento

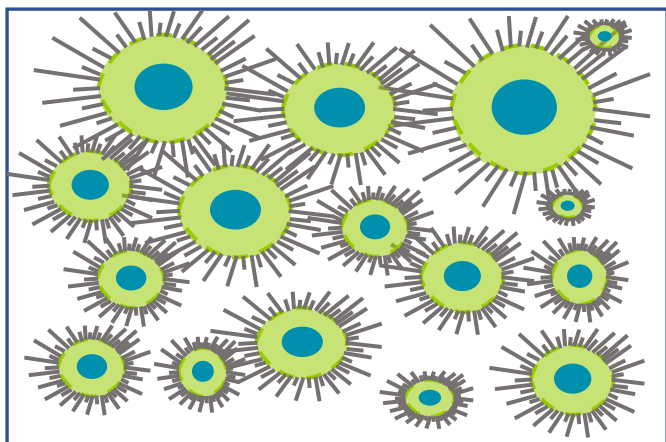
0,3 gramos de agua



T = minutos
Inicio de
hidratación



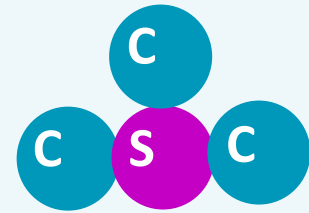
T = horas
Inicio
formación de
hidratos



T = días
Proliferación de
hidratos

- El agua es uno de los principales componentes de las pastas de cemento.
- Las fases químicas del cemento reaccionan con el agua para desarrollar la resistencia.
- El espacio en la mezcla inicialmente lleno de agua, con el tiempo se sustituye parcialmente por los productos de reacción.
- Cuando no se logra sustituir totalmente este espacio, queda una porosidad en el material conocida como porosidad capilar.

Velocidad de reacción de las fases con el agua



Alita



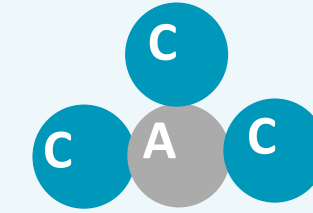
- ✓ 60% a 70% de clínker
- ✓ ↑ Velocidad de hidratación
- ✓ ↑ Calor de hidratación
- ✓ ↑ Resistencias iniciales
- ✓ Desarrollo de resistencias rápidas y prolongadas
- ✓ ↓ Resistencia química



Belita



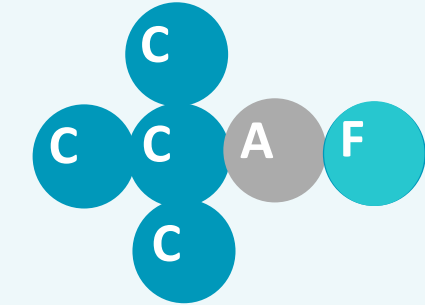
- ✓ 15% a 30% de clínker
- ✓ ↓ Velocidad de hidratación
- ✓ ↓ Calor de hidratación
- ✓ ↓ Resistencias iniciales
- ✓ Desarrollo de resistencias lentas y prolongadas
- ✓ Intermedia resistencia química



Celita



- ✓ 5% a 15% de clínker
- ✓ Muy ↑ velocidad de hidratación
- ✓ Muy ↑ calor de hidratación
- ✓ ↑ resistencias iniciales
- ✓ Desarrollo de resistencias muy rápido y de corta duración
- ✓ Muy ↓ resistencia química



Felita



- ✓ 7% a 15% de clínker
- ✓ Media velocidad de hidratación
- ✓ Moderado calor de hidratación
- ✓ Moderadas resistencias iniciales
- ✓ Desarrollo de resistencias lento y prolongado
- ✓ ↑ Resistencia química

Adiciones más comunes

Puzolanas:

Materiales silíceos o sílico-aluminatos que por si mismos no tienen capacidad cementantes, pero que con agua y en presencia de hidróxido de calcio tiene propiedades cementantes.



Caliza

Mineral molido en conjunto con el cemento.



Metacaolín

Caolines activado térmicamente.



Humo de sílice

Subproducto extraído de los gases de producción de silicio.



Ceniza volante

Subproducto de hornos que emplean carbon mineral.



Escorias de alto horno

Subproductos de la producción del hierro y acero

Adiciones más comunes

Cuando se introduce una adición mineral como la caliza al cemento se producen tres efectos:



Dilución del clinker

Puede afectar las propiedades mecánicas y velocidad de reacción.



Efecto filler

Dispersión de los granos de clinker para que aumenten su área de contacto con el agua. Y partículas pequeñas que ayudan a empaquetar



Actividad pozolánica

Reacción de CH para formar más gel CSH.

Puzolanas

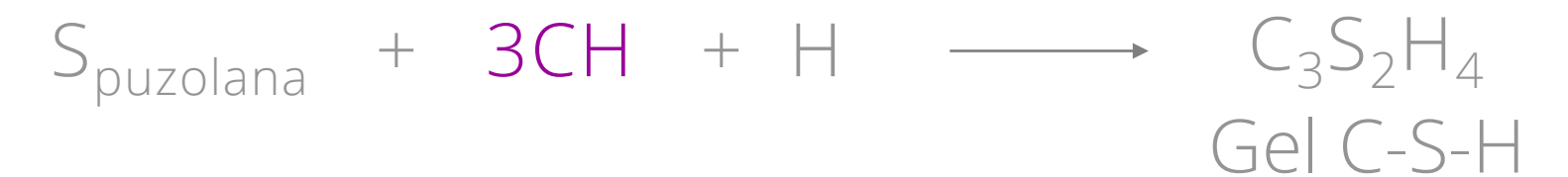
Hidratación del cemento

Inicio de formación de gel CSH y portlandita



Hidratación de las puzolanas

Reacción de la portlandita con las puzolanas



- ✓ ↑ Resistencia a la compresión y a la tracción.
- ✓ ↓ Resistencias iniciales.
- ✓ Cuando son plásticas pueden disminuir la cuantía de agua.
- ✓ ↓ Velocidad de hidratación.
- ✓ ↓ Conductividad hidráulica.
- ✓ Pueden afectar la trabajabilidad de las mezclas.

La retracción en el concreto



Química

Ocasionada por la hidratación del cemento.

Plástica

Se relaciona con la pérdida de humedad superficial del concreto fresco.

Hidráulica

Está relacionada con la Pérdida de agua de gel.

Térmica

Cambio de temperature por la disminución de temperature posterior a la Reacción exotérmica de la hidratación.

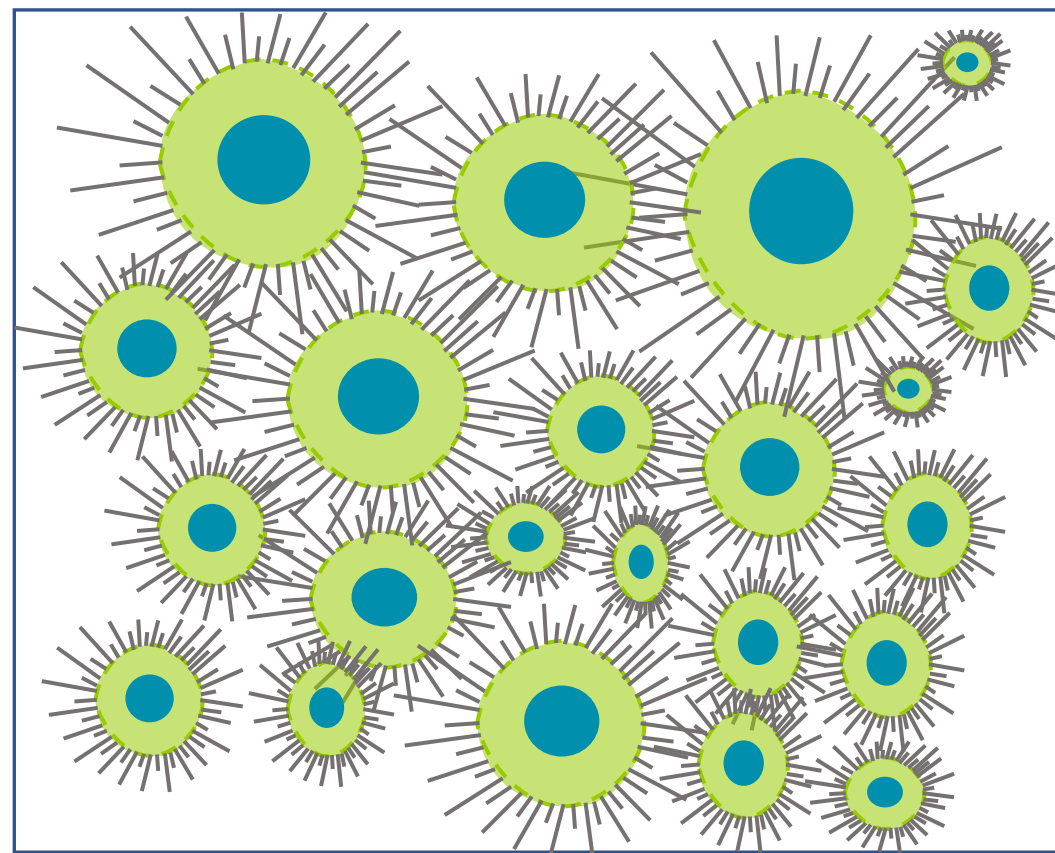
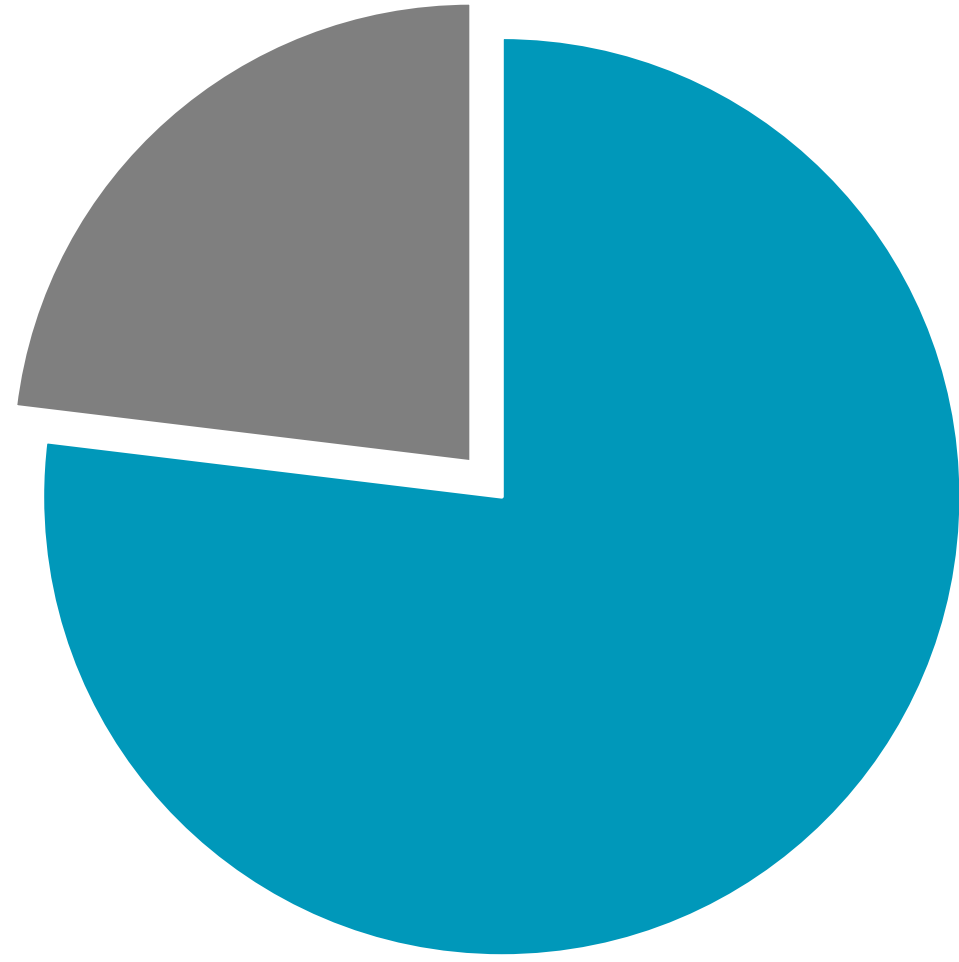
La importancia de la química del cemento - fibra

Las microfibras, ayudan a evitar la fisuración del concreto en estado plástico ocasionada por las retracciones química, plástica y térmica.

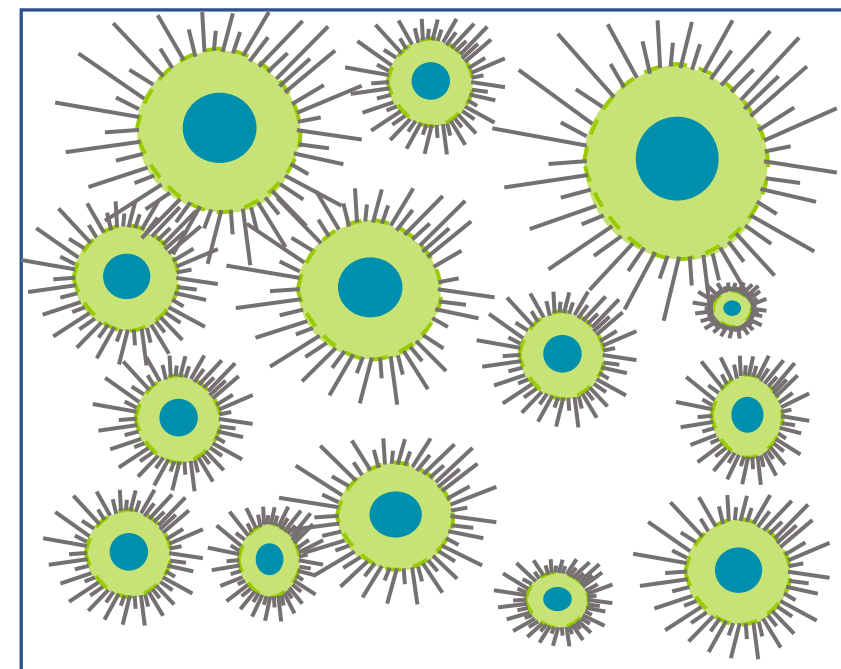
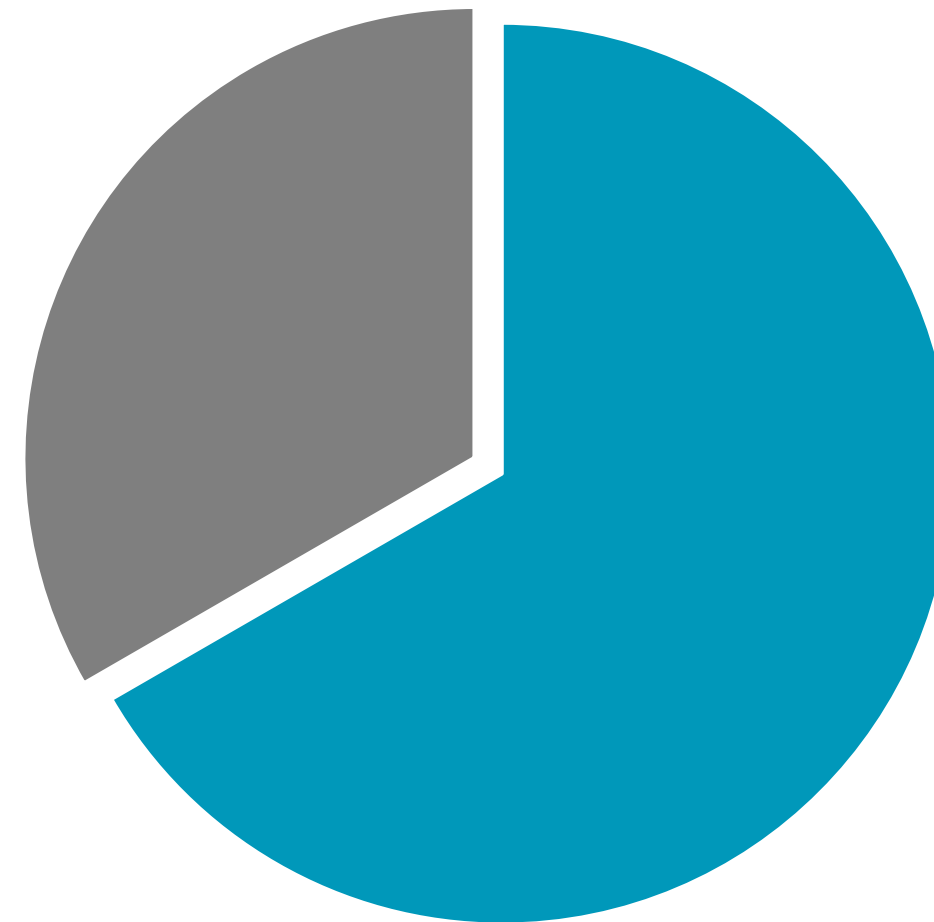


Relación agua cemento

A/C = 0,3



A/C = 0,5



- Mientras mayor sea la A/C las partículas de cemento quedarán más separadas y se hace más difícil que los productos de hidratación llenen los espacios y aumenta la porosidad capilar.
- En relaciones $A/C > 0,3$, el agua que no participa en la hidratación del cemento se evapora dejando poros que favorecen la conductividad hidráulica y sorción.
- Las altas relaciones A/C también promueven la formación de fisuras por contracción.

Porosidad capilar

Modelo de Powers de la porosidad capilar
para el cemento Pórtland

$$\Phi(\%) = \left(\frac{A}{C} - 0,37\alpha \right) * 100$$

Φ : Porosidad capilar.
A/C: relación agua/cemento
 α : grado de hidratación

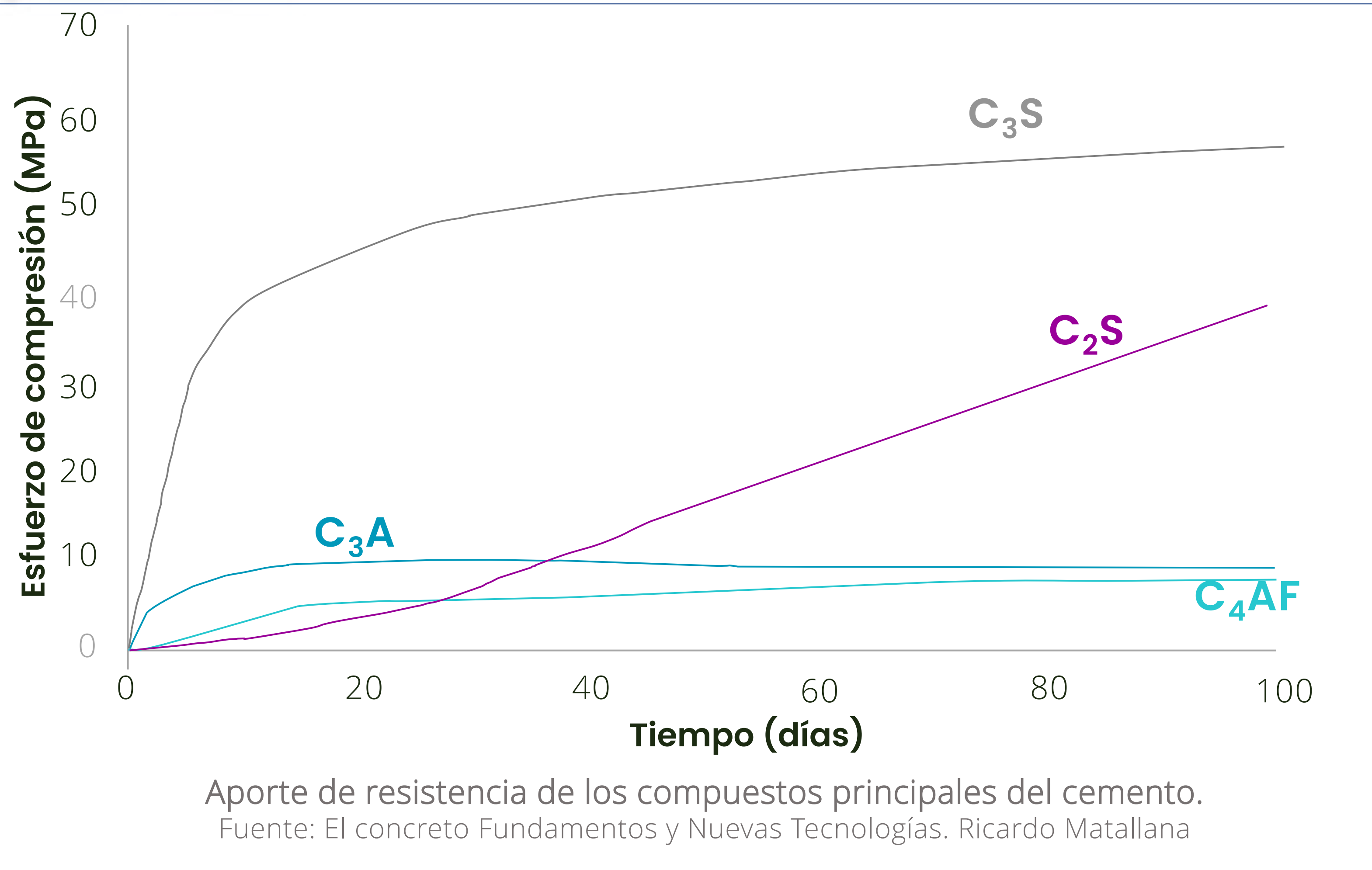
- La porosidad capilar depende de la relación A/C y el grado de hidratación.
- En términos de conductividad de poros, la reducción de la conductividad hidráulica ocurre cuando el volumen de poros capilares es menor al 18%.
- Para una relación A/C = 0,43, se requiere un grado de hidratación de 0,68 para lograr una porosidad capilar menor a 18%.

1.://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352015000200084#B2

Importancia del curado



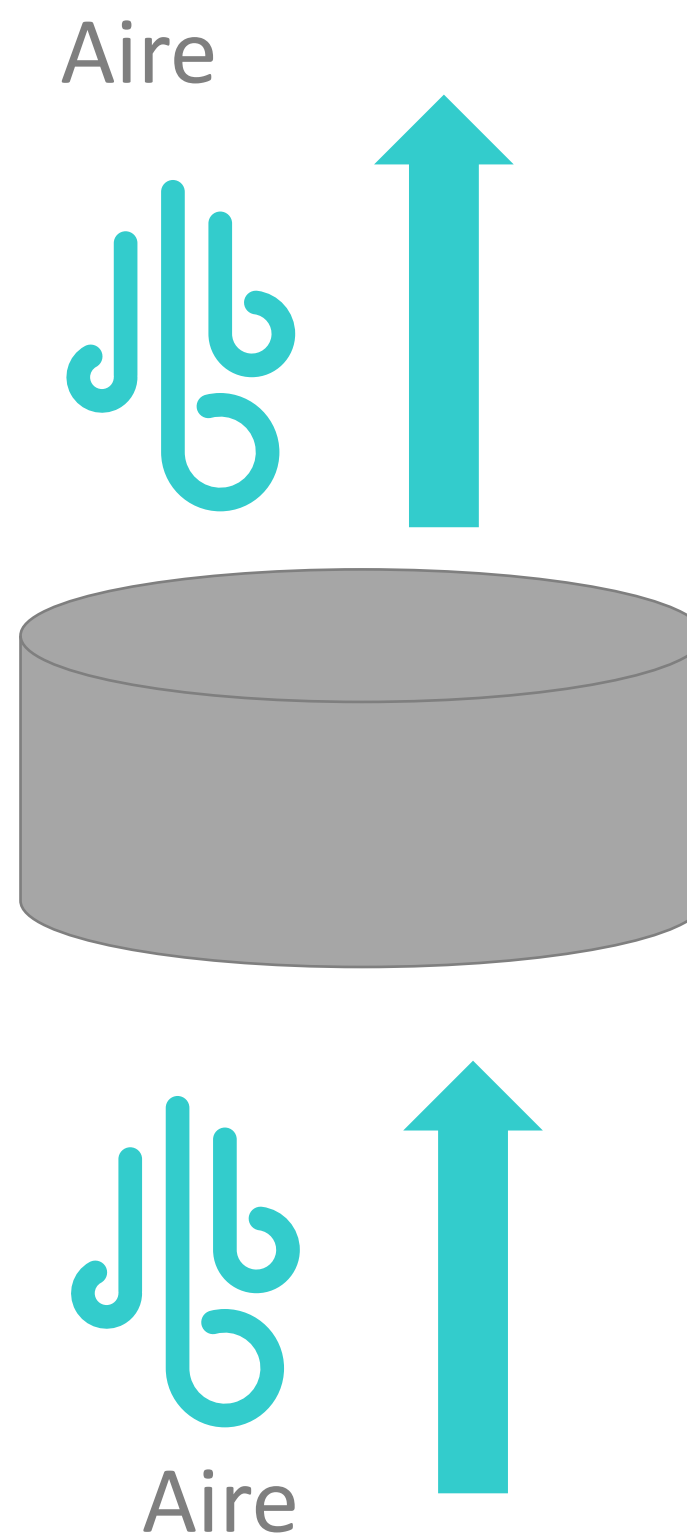
- La porosidad capilar depende del grado de hidratación.
- Por las velocidades de reacción de Alita y Belita, necesitan agua, incluso, hasta 28 d para reaccionar.
- Por la manera como ocurre la hidratación en “capas”, pueden existir núcleos de granos de cemento sin reaccionar.



Blaine



Laboratorio de Alión. Cortesía de Elsa Gutierrez



$$M = \rho V (1 - \varepsilon)$$

M: masa de la capa de cemento.
 ρ : densidad de la muestra.
V: volumen aparente de la capa de cemento.
 ε : porosidad de la capa de cemento.

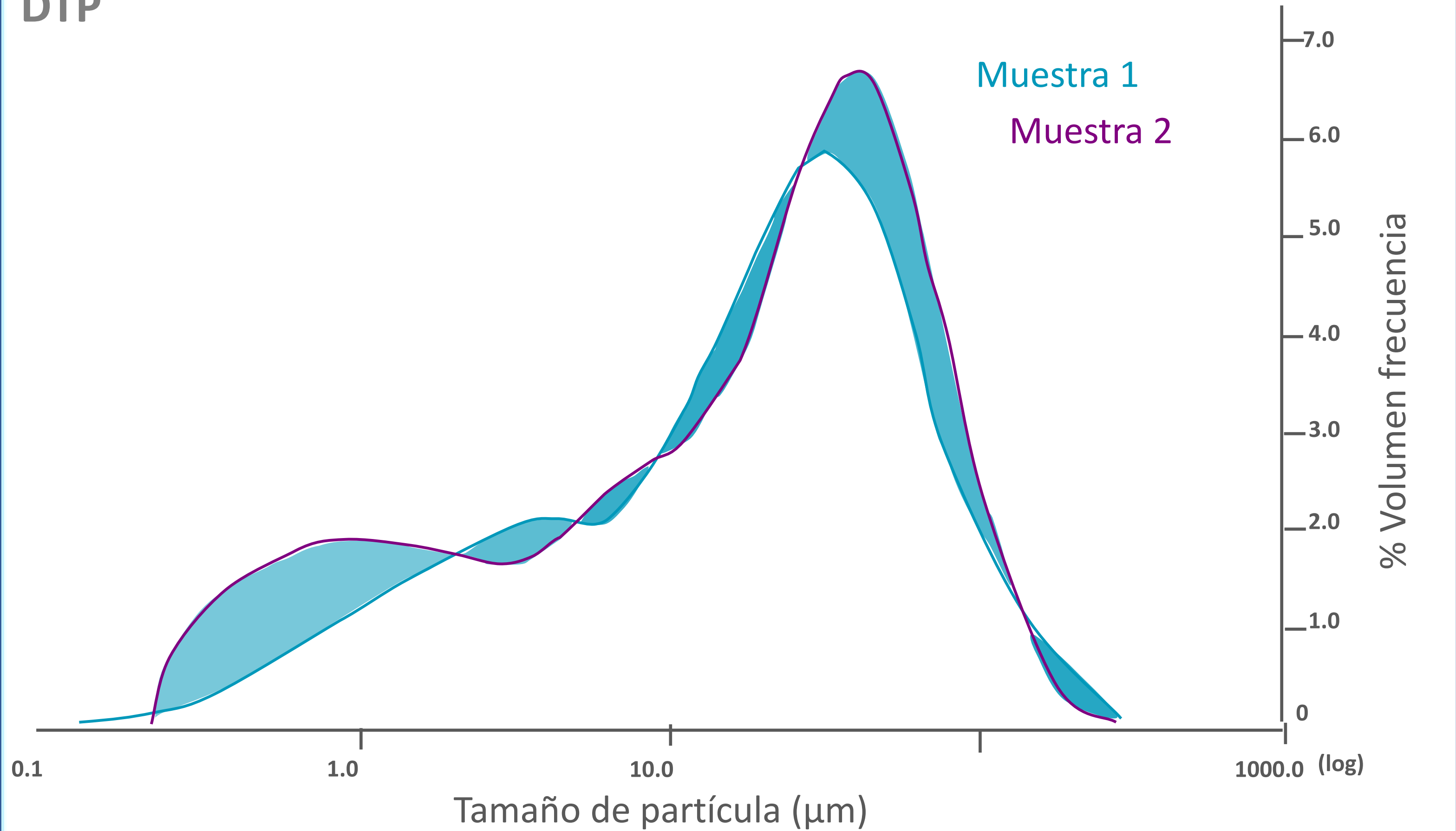
- La NTC 121: “Especificación de desempeño para cemento hidráulico”, indica que se debe medir la finura del cemento de acuerdo con lo establecido en la NTC 33: “Método de ensayo para determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato Blaine de permeabilidad al aire” o por el método descrito en la NTC 294: “Método para determinar la finura del cemento hidráulico utilizando el tamiz de $45\mu\text{m}$ ”.

BLAINE

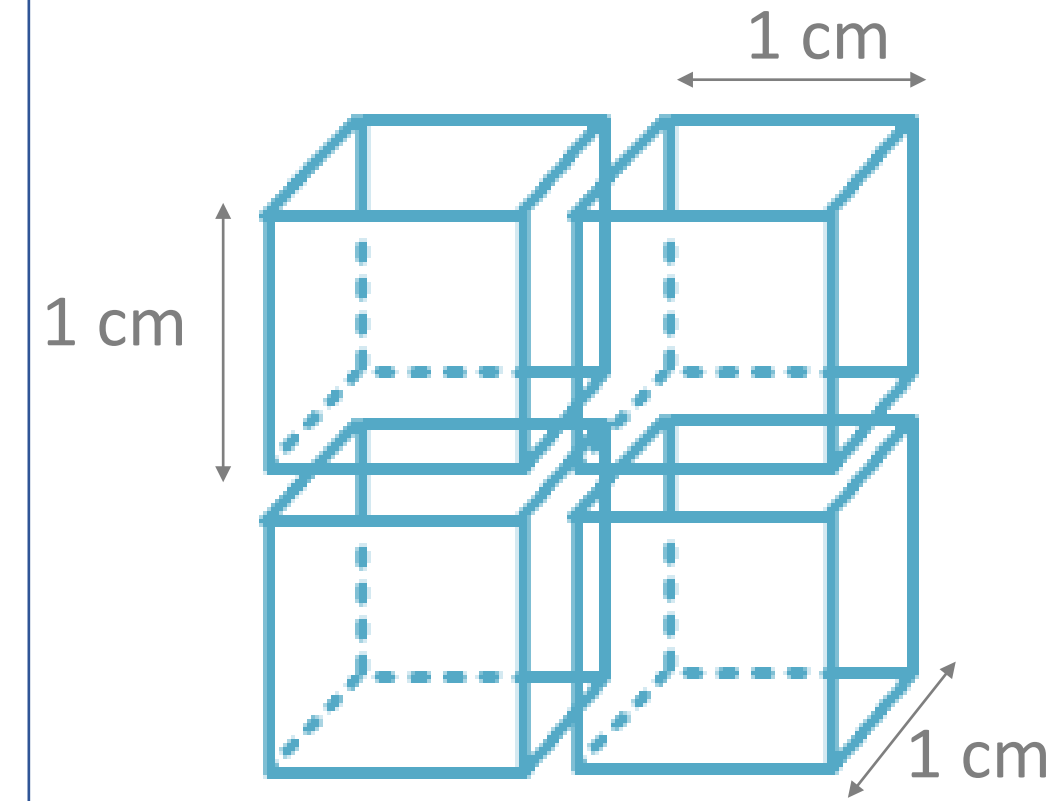
- Sus unidades son $\frac{\text{m}^2}{\text{kg}}$
- El número y tamaño de poros en la capa de cemento son función del tamaño de las partículas y determinan la velocidad de flujo de aire a través de la capa.
- Se obtienen valores de finura relativos.

Blaine o DTP

DTP

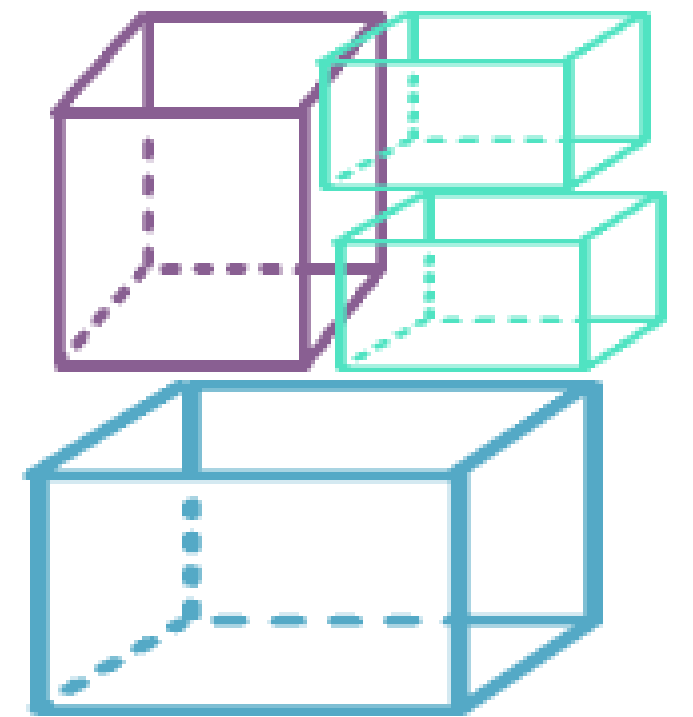


Muestra 1



Área superficial
 $4(1 \times 1 \times 6) = 24$

Muestra 2



Área superficial
 $12 + 6 + 6 = 24$

$2 \times 1 \times 6 = 12$

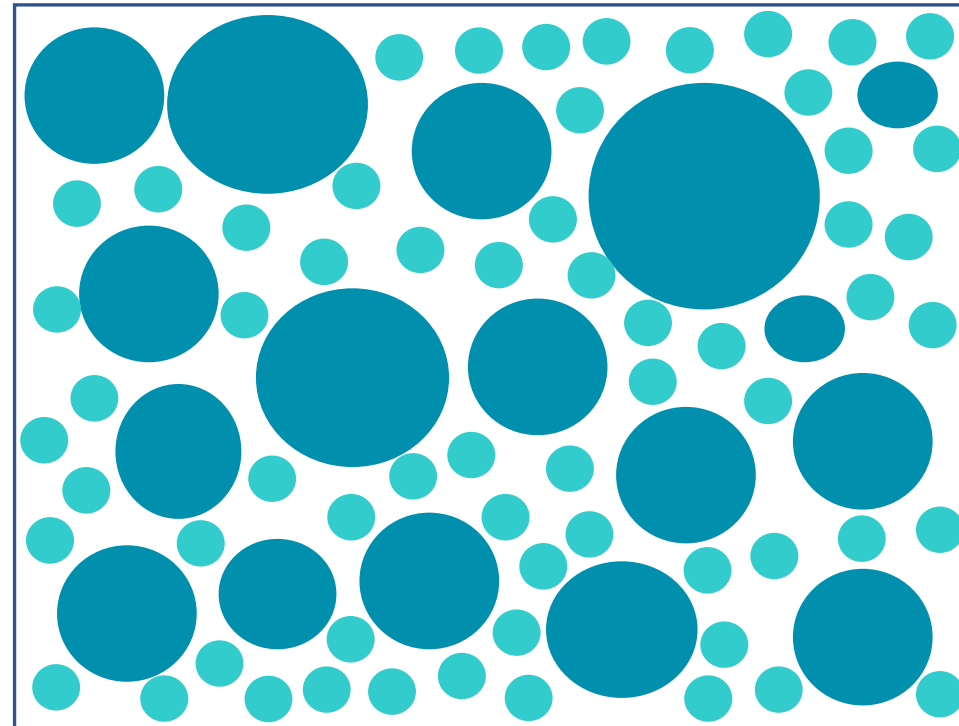
$1 \times 1 \times 6 = 6$

$2 \times (0,5 \times 1) \times 6 = 6$

Blaine

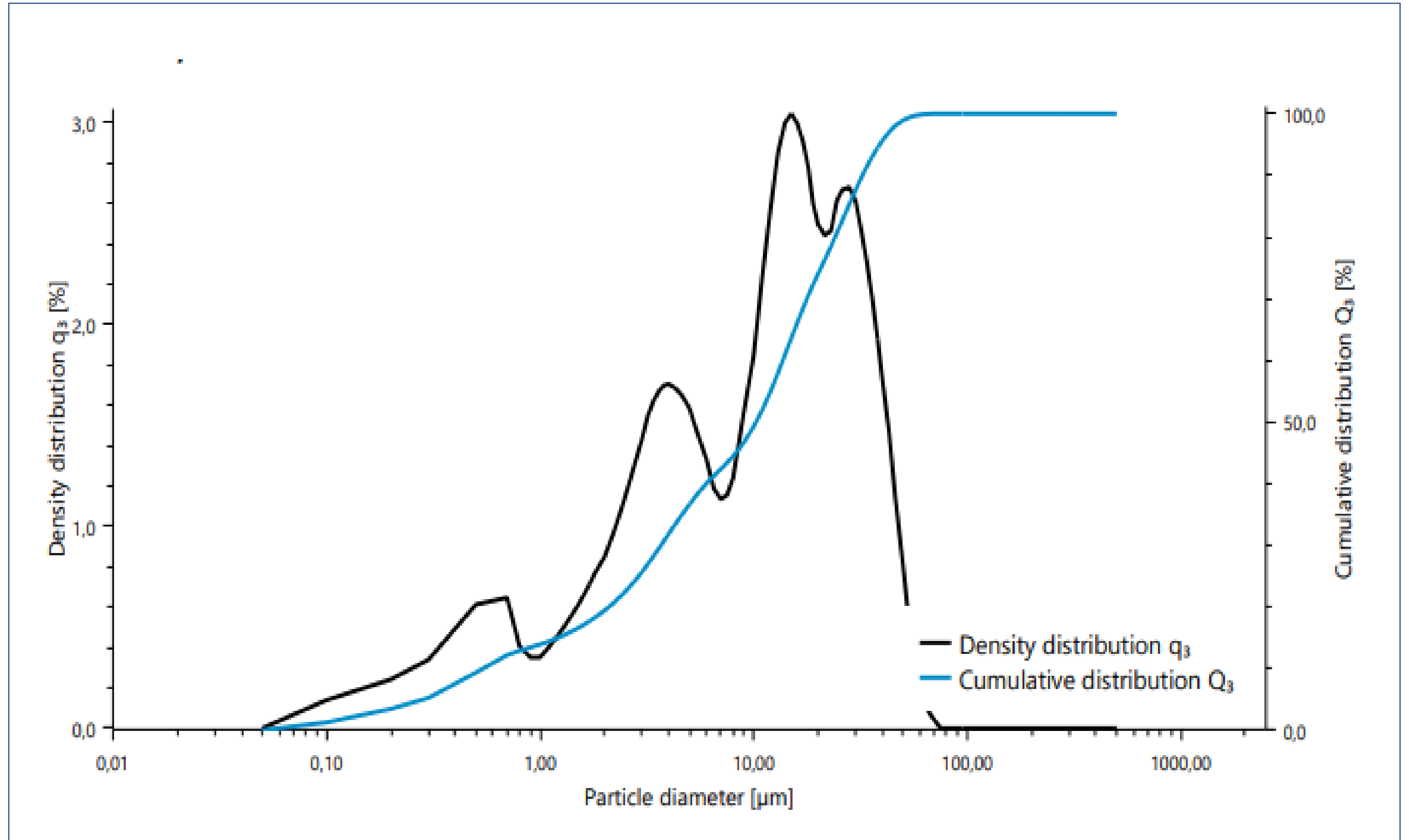
Empaquetamiento de cemento

T = 0



● Granos de clínker ● caliza

El efecto filler produce que los granos de clínker se dispersen y tengan más superficie específica para reaccionar. Adicionalmente, se produce un efecto en la distribución de tamaños de partícula diferenciada por el tipo de adición usada con partículas que llenan espacios vacíos.



Conclusiones

1. Cuando no se logra sustituir totalmente los espacios inicialmente llenados con el agua con los productos de hidratación, queda porosidad en el material que se conoce como porosidad capilar.

2. Dependiendo de la química del clinker y de cemento en general, se pueden tener variaciones en la velocidad de hidratación, ganancia de resistencia, calor de hidratación, causando retracción en estado plástico y formación de fisuras. La adición de fibras, puede ayudar a disminuir esta contracción.

3. La porosidad capilar depende de la relación agua cemento y el grado de hidratación. De aquí la importancia de usar la mínima cantidad de agua cemento para alcanzar conductividades hidráulicas bajas.

4. Un alto grado de hidratación, puede promoverse con un buen curado de las superficies, para asegurar que siempre habrá suficiente agua para la hidratación de los núcleos de los granos de cemento y la ganancia de resistencia en la Alita y Belita.

¡GRACIAS!

ALION
CEMENTOS MOLINS corona

FORTACRET

 Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

