

Área de Hormigón



Ministerio de
Obras Pùblicas

Marcela Sanhueza R.

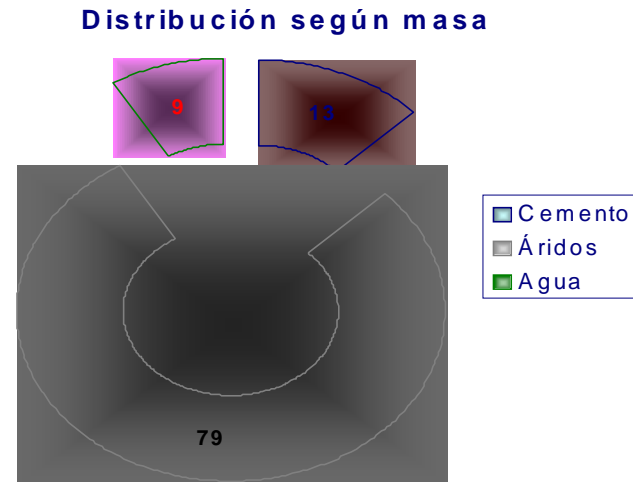
Hormigón:

Conglomerado formado por la mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, los que al mezclarse entre sí, forman una masa plástica trabajable, que permite ser moldeada en la forma que se desee, obteniendo como resultado una "piedra artificial" .

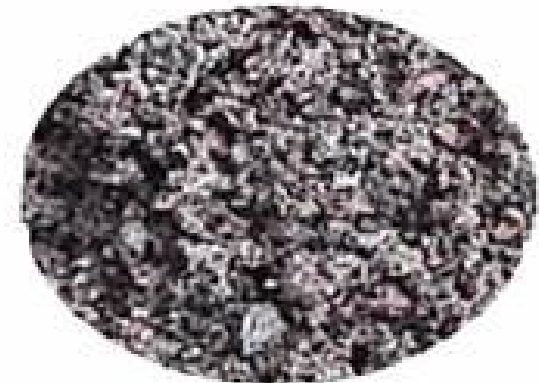
Suele incluirse también los aditivos químicos y el aire.



Hormigón



Los áridos son materiales pétreos compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable. Habitualmente se dividen en tres fracciones : grava , gravilla y arena



Características del Material:



- Fácil de elaborar
- Materia prima disponible fácilmente
- Características deseadas
- Moldeable casi en cualquier forma
- Textura deseada
- Se moldea a temperatura normal.
- El hormigón endurece y adquiere resistencia en la medida que el tiempo pasa.
- Tiene buena durabilidad, resiste bien a distintas condiciones ambientales.
- Es resistente al fuego.





CEMENTO



CEMENTO



- Material pulverizado que con agua forma una pasta **conglomerante** que se endurece tanto en el agua como en el aire
- Reacciona químicamente con el agua
- No se descompone ni altera una vez endurecido

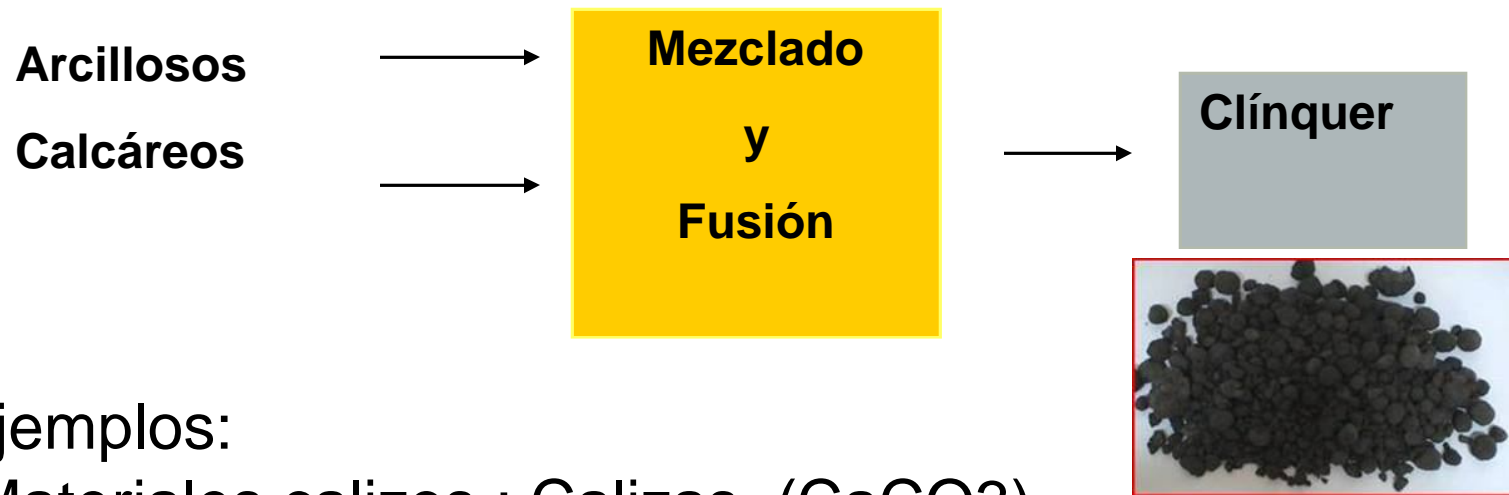
Para los fines de la construcción, un **conglomerante** es un material capaz de desarrollar, después que se han producido las reacciones químicas apropiadas, las propiedades adhesivas y cohesivas que hacen posible ligar fragmentos minerales para producir una masa compacta, continua y resistente.



CEMENTO



- El cemento Portland: es Clínquer pulverizado, con adiciones de yeso y otras sustancias que no exceden el 3% en peso del cemento.



Ejemplos:

Materiales calizos : Calizas, (CaCO_3)

Materiales Arcillosos: Arcillas,, Escorias de alto horno (Sílice, Alúmina y Óxido de hierro)



Cemento



Las materias primas en el horno necesitan una preparación, que consiste fundamentalmente en subdivisión de tamaño y dosificación.

- la dosificación es para que las materias primas calcáreas y arcillosas estén en la proporción necesaria para obtener el clínquer de la composición requerida.
- La molienda, para reducirlas a grano muy fino, con el fin de aumentar su superficie específica, de manera que puedan tener lugar en el horno las reacciones buscadas



Cemento



- Proceso Vía seca
Fabrica de Cemento Melón
- Proceso Vía húmeda
Fábrica cemento Polpaico

La forma de obtener el crudo depende de la ley de carbonato de calcio





Proceso Vía Seca

- La reducción de tamaño se hace por una serie de chancadoras y molinos en los que se trituran y desmenuzan los materiales en seco. Si inicialmente las materias primas no están lo bastante secas, deben someterse a un presecamiento.



Proceso Vía Humeda:



- Se deslían los materiales en agua formando una suspensión que se espesa y eventualmente se le disminuye el contenido de agua por filtros al vacío antes de entrar en el horno.
- Cemento Polpaico debe enriquecer la caliza de la cantera. Para eso debe moler la caliza a estado de polvo y mediante un proceso de flotación logra obtener el contenido de carbonato necesario. Esta misma caliza aporta la sílice. Por otro lado se agrega óxido de fierro y bauxita que aporta el óxido de aluminio requerido.



Proceso



Extracción

Trituración

Acopio

Caliza

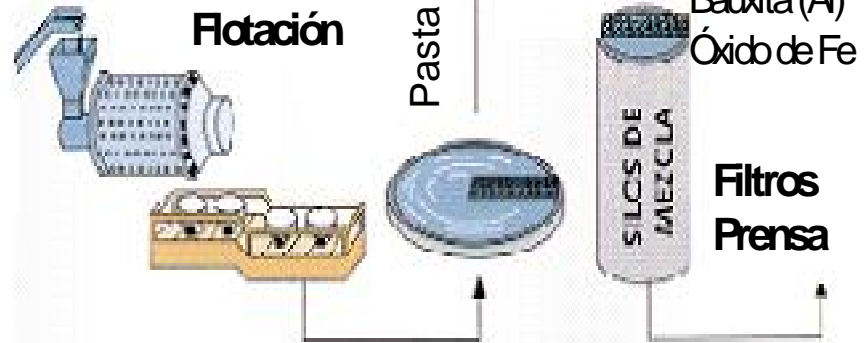
Triturada



Molienda húmeda

Flotación

Espesadores



Torre pre calcinadora

Molino Carbón

Molienda Cemento

Silos Cemento

Ensayado Despacho

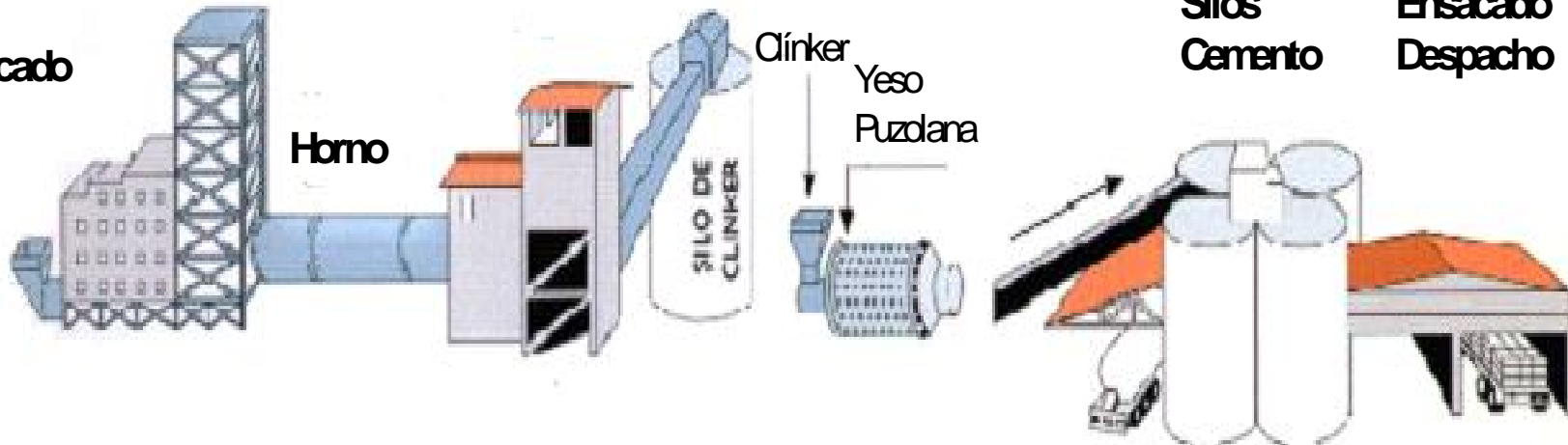
Secado

Horno

Clínker

Yeso

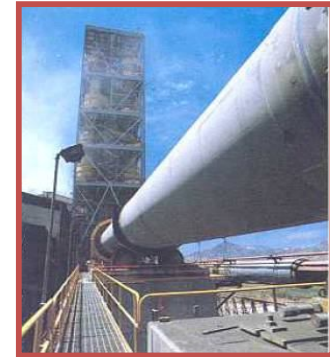
Puzolana



Características del Horno



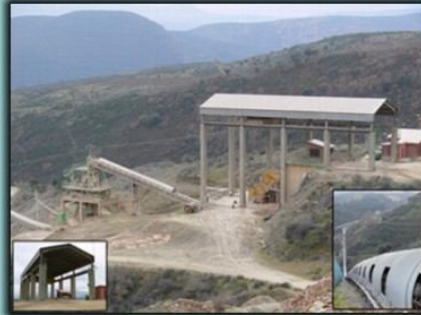
- Diámetro 2.5 a 3.5
- Longitud 40 a 70 m
- Pendiente 1/10 a 1/50
- Velocidad de giro 30 a 120 rph
(0.5 - 2 rpm)



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

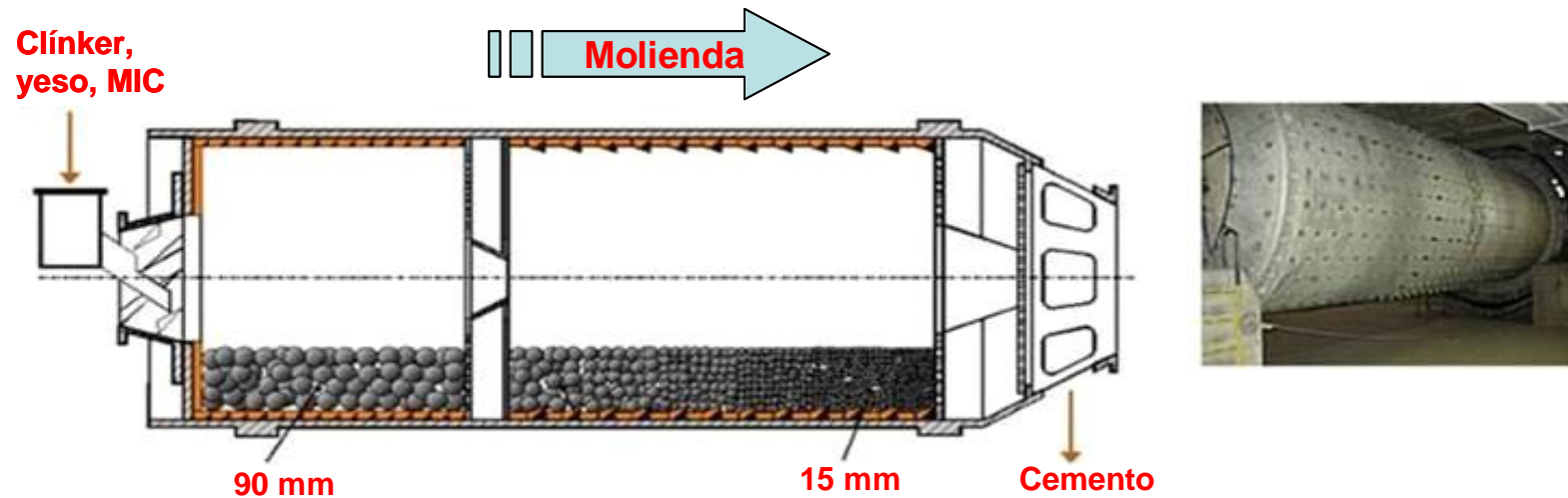


11



12





Sección interior y vista exterior de un molino de bolas usado en la molienda de cemento

La molienda influye notoriamente en las características de los cementos.

A igualdad de química, mientras más fino es el cemento mayor resistencia (especialmente a corto plazo), mayor calor de hidratación, menores tiempos de fraguado, mayor retracción

En el horno, durante la transformación de las materias primas a clínker, se produce varias reacciones; algunas de ellas son:



Reacciones en un Horno Rotatorio

RANGO DE TEMPERATURA (°C)	TIPO DE REACCIÓN
20 – 100	Evaporación de agua libre
100 – 300	Pérdida del agua físicamente absorbida
400 – 900	Liberación del agua de la Estructura (agua combinada) de los minerales de arcilla.
600 – 900	Disociación de Carbonatos $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$ (600°C) $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ (800°C)
1000 – 1400	Combinación de cal y arcilla.



Procesos Químicos en el horno



- Caliza: CaO
- Arcilla: $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
compuestos formados
- **C3S Silicato Tricálcico**
- **C2S Silicato Dicálcico**
- **C3A Aluminato Tricálcico**
- **C4AF Ferroaluminato Tetracálcico**



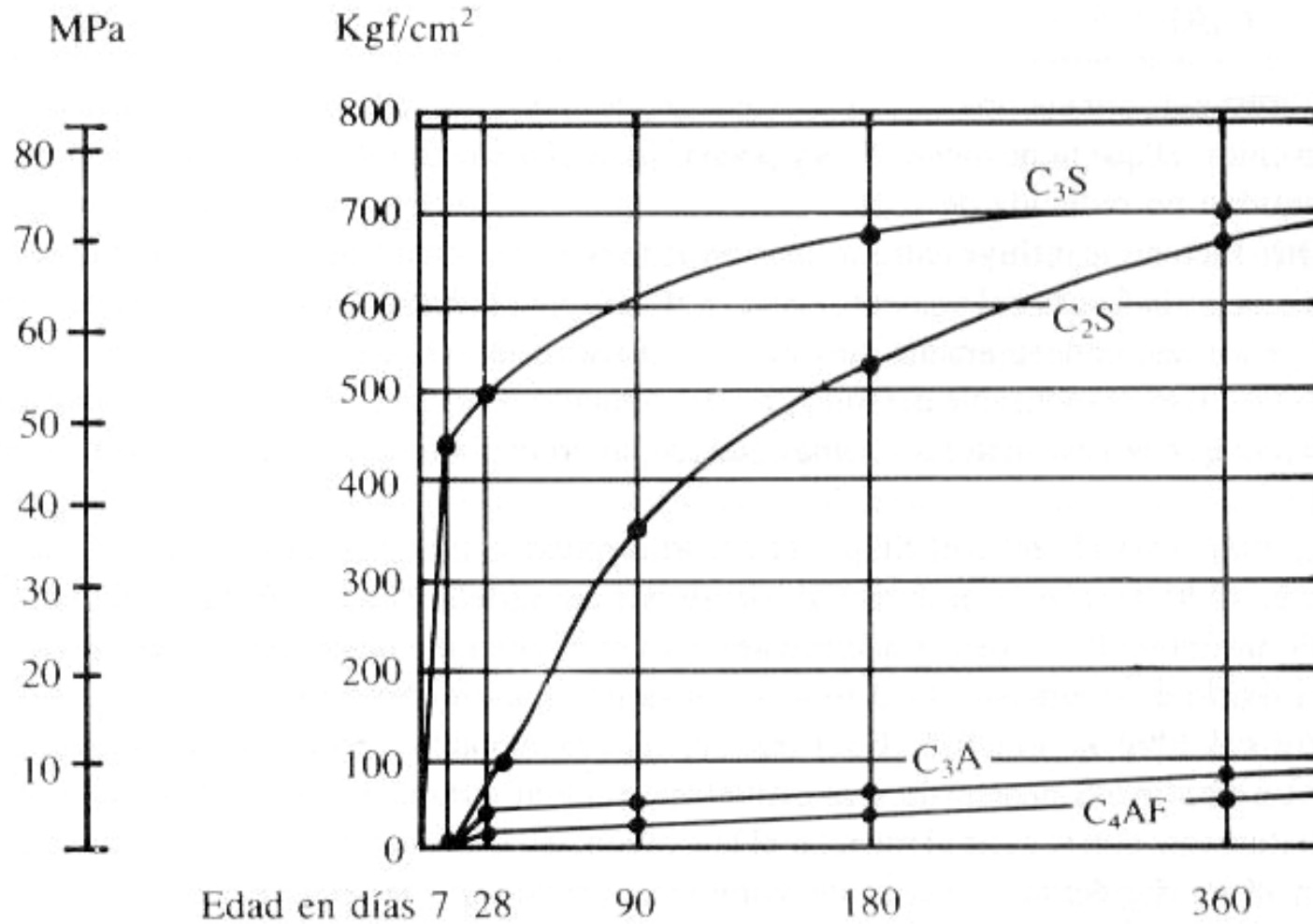


- Los 4 compuestos podrían considerarse aisladamente como 4 cementos diferentes, pues todos ellos tienen la virtud de fraguar y endurecerse; pero esto lo hacen a distinta velocidad y alcanzando diferentes valores de resistencia.
- Su distinta velocidad está relacionada directamente con el calor de hidratación liberado.





Resistencia Compresión



Reacciones de Hidratación



El cemento reacciona con el agua, formando una serie de compuestos que cristalizan lo que le da la dureza al cemento.

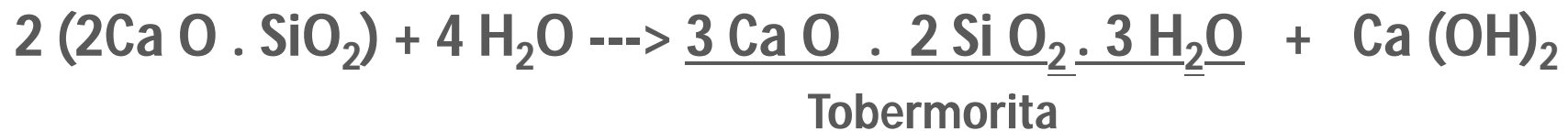
En las reacciones que se producen , la demanda de agua es como máximo $28 \pm 1\%$.

Sin embargo el hormigón necesita una relación agua/cemento mayor que 0.28 y ello es para darle trabajabilidad a la mezcla.



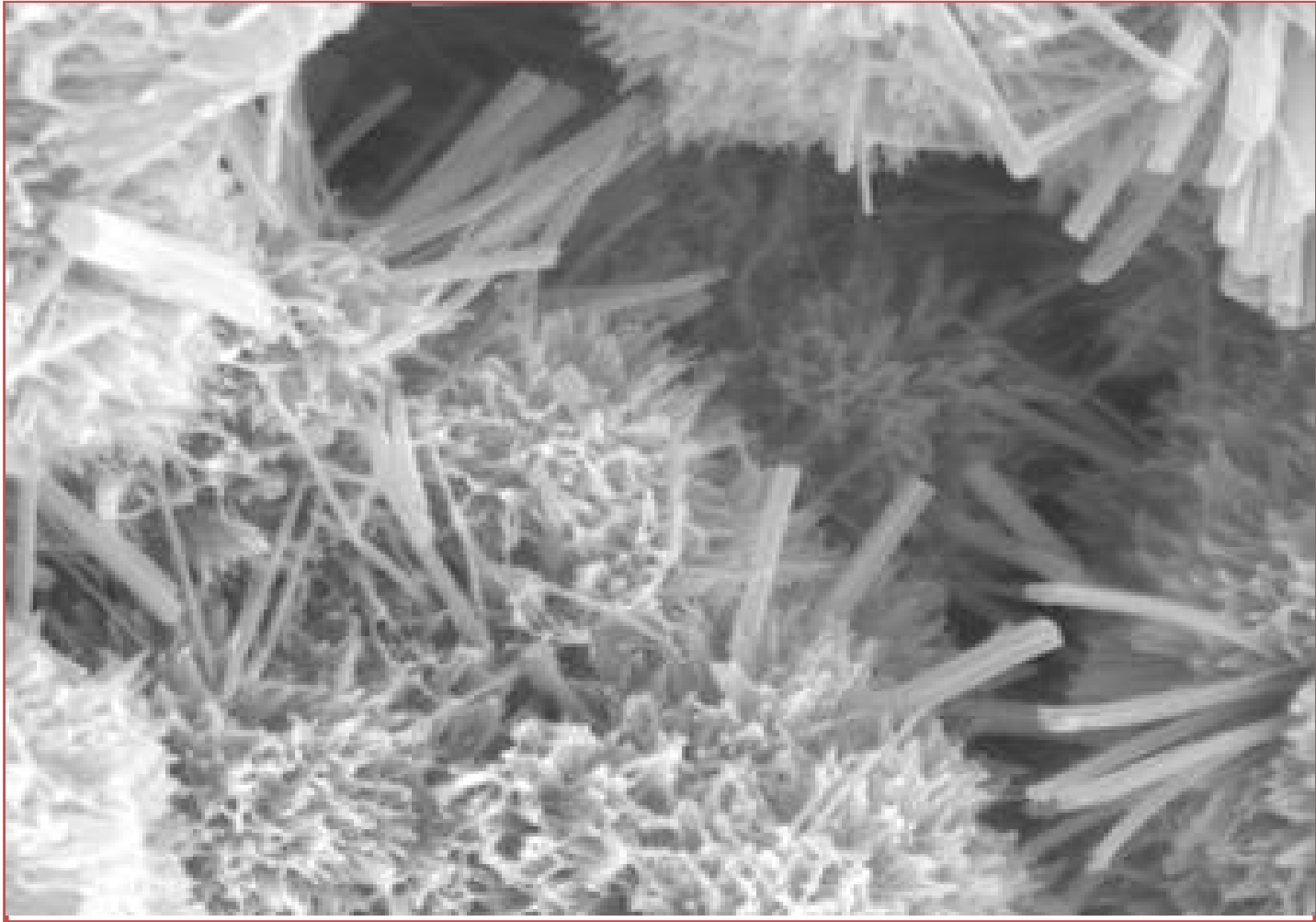


- Comienza a ocurrir cuando el cemento se pone en contacto con el agua



El Ca(OH)₂ reacciona con el CO₂ del aire carbonatándose, destruyendo así el efecto protector del acero





Cementos



Los cementos Portland pueden tener adiciones de otros componentes como son las Puzolanas y las escorias de plantas siderúrgicas, dando lugar a:

Cementos Portland Puzolánicos

Cementos Puzolánicos

Cementos Portland Siderúrgicos y

Cementos Siderúrgicos.



Adiciones: Materiales Puzolánicos, Escoria

Características

Calores de hidratación más bajos

Durabilidad mayor que con Portland

Inhibe reacción álcali-árido

Menor contaminación (CO₂ y otros)

Reducción de costos

Reducción de la razón clínker/cemento

Menor resistencia a edades tempranas



Características



El cemento posee ciertas características físicas y químicas que deben ser controladas y están reguladas por la norma NCh148.

Entre algunas de las propiedades físicas que se debe controlar : pérdida por calcinación, Tiempo de fraguado, resistencias mínimas a Compresión y a Flexión, residuo insoluble, contenido de SO₃, contenido de MgO



Norma Nch 148 of 68



Requisitos químicos

	CEMENTO				
	PORTLAND	PORTLAND PUZOLAN.	PUZOLAN.	PORTLAND SIDERURG.	SIDERURG.
Pérdida por calcinación %	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0
Residuo insoluble %	1,5	30,0	50,0	3,0	4,0
Contenido SO ₃ % max.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Contenido MgO % max.	5,0	-	-	-	-



Requisitos químicos



- **El MgO , SO₃ , y CaO libre**

Producen expansiones nocivas, aumentan el volumen ya endurecido produciendo grietas.

- **MgO** Da el color verde

- **Fe₂O₃** Da el color gris

- **Na₂O y K₂O** Reaccionan con ciertos áridos produciendo expansiones

- **Finura** A > finura > velocidad de reacción.

(1800 - 2600 cm²/gr



Requisitos químicos



Finura A > finura > velocidad de reacción.
a>finura> trabajabilidad a igual dosis de agua
(1800 - 2600 cm²/gr)

Pérdida por calcinación a 1000° C, indica el estado del cemento. Pierde agua y CO₂.

Residuo insoluble: Da cuenta de la clinkerización (Presencia de silicatos insolubles)



Requisitos físicos



CEMENTO	TIEMPO DE FRAGUADO		RESISTENCIAS MÍNIMAS (Kg/cm ²)		
	Inicial mínimo min	Final Máx h	Ensayo	7 días	28 días
Corriente	60	12	Flexión	35	45
			Compresión	180	250
Alta resistencia	45	10	Flexión	45	55
			Compresión	250	350



Cuidados del cemento en obra



Almacenamiento en sacos

Almacenar en bodegas ventiladas.

Almacenar en pilas no mayores de 10 sacos.

Colocar sobre entablados de 10 a 15 cm del suelo.

Ordenar de manera tal de poder sacar los sacos más antiguos (rotular con fecha de ingreso).

En invierno cubrir las pilas con mangas de plástico.



Almacenamiento en sacos



Pilas a intemperie aún en verano, cubrir con mangas de plástico.

No debe mezclarse sacos con cementos de diferentes clases, grados o marcas.

El almacenamiento no debe sobrepasar 3 meses, si no debe ensayarse según NCh 148

Endurecimiento de las esquinas de los sacos, dar cuenta de inmediato al profesional responsable.





Almacenamiento en sacos

En la práctica se nota el deterioro por la formación de grumos.

Si se deshacen al solo apriete con los dedos, está aceptable. Si no, se debe tamizar y se puede usar en hormigones de menor importancia, aún cuando es mejor ensayarlo.



En silos



Se usa cuando hay planta concretetera.

Se preserva mejor ante los efectos climáticos.

Tiempo máximo de almacenamiento 4 a 6 meses.





AGUA



AGUA DE AMASADO



Desempeña dos papeles importantes:

Participa en el proceso de hidratación.

Otorga trabajabilidad.

Debe cumplir ciertos requisitos químicos:

Ph, Sólidos disueltos, sólidos en suspensión, Materia orgánica, Cloruros , Sulfatos, azúcar.





Agua de amasado

Problemas con sales se encuentra en la zona norte del país y de materia orgánica en el centro y sur

El uso de agua potable está permitido sin necesidad de verificar su calidad.

Las aguas de origen desconocido deben ser sometidas a análisis químico.

El agua de mar solo puede usarse en hormigones de resistencia menor a un H-15





Áridos





Áridos

Materiales pétreos, compuestos de partículas duras de forma y tamaño estables.



Clasificación:



Según tamaño del grano:

gruesos > 5 mm

finos ≤ 5 mm y es retenido en tamiz 0.08mm cuando se emplea en hormigón

Según procedencia:

natural, aquel que proviene de yacimientos pétreos y no es sometido a tratamiento (ríos, pozos o canteras)

o **artificial** Extraídos de escorias

Según granulometría: continua, discontinua e irregulares

Según su forma en: chancados y rodados





FUNCIÓN DE LOS ÁRIDOS EN EL HORMIGÓN

Los áridos ocupan entre un 65 y 75% del volumen total del hormigón. Debe darse gran atención a su elección y control, ya que de sus características dependerán:

Docilidad del hormigón fresco

Para obtener una misma dosis de agua, un árido de granulometría fina, tendrá por lo general una mayor trabajabilidad.





durabilidad de las estructuras

Es indispensable que las arenas presenten una estructura granulométrica buena ya que la calidad del hormigón depende en gran medida de la del mortero

economía en las mezclas

El lograr tener una buena estructura granulométrica del árido grueso permite reducir la proporción de mortero y por lo tanto el cemento.





Resistencia del hormigón endurecido

Si se disminuye la cantidad de cemento, teniendo una buena granulometría del árido grueso, no afecta la resistencia del hormigón.

Formar un esqueleto rígido, reduciendo variaciones de volumen.

Lo ideal es un esqueleto bien graduado, con buenas proporciones de áridos.



TERMINOLOGÍA



Granulometría: Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido

Serie establecida para hormigón:

Grueso: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8, y N° 16

Fino: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N° 100

Tamaño Máximo Absoluto (Da): Corresponde a la abertura del menor tamiz de la serie establecida, que deja pasar el 100% de la masa del árido.

Tamaño Máximo Nominal (Dn): Corresponde a la abertura del tamiz inmediatamente menor al Tamaño Máximo Absoluto, cuando por dicho tamiz pasa el 90% o más de la masa del árido. Cuando pasa menos del 90% el Tamaño Máximo Nominal se considera igual al Tamaño Máximo Absoluto.



Módulo de finura: Es un índice que sirve para clasificar los agregados pétreos en función de su granulometría.

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados de un árido, dividido por 100, de una serie de tamices que están en progresión geométrica de razón 2 y estos son:

100-50-30-16-8-4-3/8"-3/4"-1 1/2"-3".....

El MF nos indica el tamaño medio de un árido. A mayor Módulo de finura mayor tamaño.

Terminología



Muestra de yacimiento:

Muestra representativa de pétreo en su sitio de depósito natural no sometido a tratamiento alguno.

Muestra de producción:

Muestra representativo de un pétreo removido de su depósito natural y sometido a tratamiento como trituración, lavado o clasificación y que se encuentra en cintas transportadoras o almacenado.



Terminología



Muestra de obra:

Muestra representativa de un pétreo que se encuentra en una obra ya sea sobre vehículo o almacenado.

Muestra gemela:

Conjunto de dos o más fracciones de muestra, separadas por cuarteo. Dichas muestras pueden emplearse para verificar el efecto de los procedimientos de ensaye



Requisitos



Requisitos	Árido grueso	Árido fino
1. Material fino menor a 0.08 mm % máx.	0.5 P 1.0 E	2.0 P 5.0 E
2. Granulometría	Según tabla	
3. Resistencia al Desgaste Máquina de los Ángeles % máx.	35 P 40 E	—
Índice de Trituración % máx.	20 P 30 E	4 P 5 E
5. Partículas chancadas % min.	50 P	—



Especificaciones



Requisitos	Árido grueso	Árido fino
6. Absorción de agua % máx.	2	3
7. Impurezas orgánicas	—	Amarillo claro
8. Cloruros Para hormigón armado Cl⁻/m³ de hormigón) máx. (Kg)	1.20 Arm. 0.25 Pre.	
9. Sulfatos solubles Sulfuros oxidables (Kg SO₄⁼/m³ de hormigón) máx.	0.60 1.80	
Partículas desmenuzable %máx.	5.0	3.0



Especificaciones



Requisito	Árido grueso	Árido fino
Resistencia a la desintegración pérdida de masa % máximo	10 Na ₂ SO ₄ 15 MgSO ₄	10 Na ₂ SO ₄ 15 MgSO ₄
Partículas blandas % máximo	5.0	—



Almacenamiento de áridos



Situar los acopios lo mas cerca de la planta de hormigón.

Limpiar el suelo que cubrirá los acopios, colocando una capa del mismo material a acopiar, compactada.

El piso debe tener una leve pendiente para permitir el drenaje

Dejar una buena separación entre acopio de los distintos áridos

Formar los acopios mediante capas horizontales con taludes terminales de 3h:1v





Evitar el movimiento excesivo de los áridos dentro de sus acopios.

No lavarlos mediante riego en los acopios, ya que provoca acumulación de finos en las capas inferiores.





FIN





UTILIDADES DE LA GRANULOMETRÍA

Comparar áridos entre sí.

Conocer la variación de un mismo árido.

Conocer si el árido cumple con una banda determinada que asegure la máxima compacidad y por consiguiente un hormigón de buena calidad.

Conocer el modulo de finura.



Granulometría Árido Grueso



Tamices		% Acumulado que pasa						
mm	ASTM	63-40	50-25	40-20	25-5	20-5	12,5-5	10-2,5
80	3"	100						
63	2 ½"	90-100	100					
50	2"	35-70	90-100	100				
40	1 ½"	0-15	35-70	90-100	100			
25	1"	-	0-15	20-55	90-100	100		
20	¾"	0-5	-	0-15	-	90-100	100	
12,5	½"		0-5	-	25-60	-	90-100	100
10	3/8"			0-5	-	20-55	40-70	90-100
5	N°4				0-10	0-10	0-15	10-30
2,5	N°8				0-5	0-5	0-5	0-10
1,25	N°16							0-5





Granulometría Árido Fino

Tamices		% acumulado que pasa
mm	ASTM	
10	3/8"	100
5	N°4	95 - 100
2,5	N°8	80 – 100
1,25	N°16	50 – 85
0,630	N°30	25 – 60
0,315	N°50	10 – 30
0,160	N°100	2 - 10



Bandas Granulométricas árido fino

Tamaño		Muy gruesa	Gruesa	Media o Normal	Media Gruesa	Fina	Muy Fina	Discontinua
Tamices		% Acumulado que pasa						
mm	ASTM							
10	3/8"	100	100	100	100	100	100	100
5	Nº 4	60-75	75-90	95-100	70-90	90-100	95-100	30-60
2.5	Nº 8	35-55	55-80	80-100	40-80	85-100	90-100	30-40
1.25	Nº 16	27-50	35-60	50-85	40-70	70-90	85-100	30-40
0.630	Nº 30	15-40	22-40	25-60	40-60	60-80	80-100	17-40
0.315	Nº 50	8-25	12-25	10-30	25-37	37-50	50-62	9-25
0.160	Nº 100	3-10	3-10	2-10	6-13	12-20	15-20	4-10
MF máximo		3.45	2.95	2.15	2.50	2.46	1.13	3.85
MF mínimo		4.52	3.98	3.38	3.79	3.60	1.80	4.80



Los áridos que no cumplen con las bandas especificadas deben someterse a ensayos en hormigones de prueba si no se conoce su comportamiento.

Existen zonas en que el árido no cumple con la granulometría recomendada y sin embargo da buenos resultados.

En hormigones autocompactantes es fundamental tener un buen balance entre el total de áridos finos en la mezcla y el tamaño máximo del árido grueso, habitualmente se utilizan tamaños máximos de 10 a 20 mm.

[volver](#)



Finos por Lavado Características

Mala adherencia entre pasta de cemento y el árido

Requiere más agua lo que produce bajas resistencias

Puede contener materia orgánica en finos (arcillas o limos) ,
lo que produce problemas de fraguado y por lo tanto baja
resistencia a temprana edad





Los valores límites de material fino menor a 0.08mm podrán subir a 5.0 y 7,0 % en grueso y fino respectivamente, cuando el árido fino provenga de una planta chancadora y además tenga un equivalente de arena mayor que 75%

[Volver](#)





Absorción

Características

La absorción esta directamente relacionada con la porosidad del árido

A mayor porosidad disminuye la resistencia

Influye en la resistencia del hormigón a los ciclos de hielo - deshielo el agua es capaz de penetrar produciendo expansiones como consecuencia agrietamientos, por ende bajas resistencias.

El agua de absorción se suma al agua de amasado

[volver](#)



Desgaste de Los Ángeles



En los agregados gruesos una de las propiedades físicas de importancia es la **Resistencia a la Abrasión o Desgaste** de los Agregados.

Es importante porque permite conocer la durabilidad y la resistencia que tendrá el hormigón para la fabricación de losas, estructuras simples, etc.

Es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre.

Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben ser resistentes.





El árido debe ser capaz de resistir los efectos ambientales y las tensiones internas que le producen las sollicitaciones aplicadas sobre el elemento del cual forma parte.

Esta última condición es más importante, si se considera que debido a su forma irregular, pueden producirse concentraciones de dichas tensiones internas en torno al árido

[volver](#)





Cubicidad de Partículas

Rodado: Partícula pétreo que no posee aristas.

Chancado: Partícula pétreo que tiene dos o más caras fracturadas y que debido a estas posee al menos una arista. No se consideran como chancado aquellas partículas que aún teniendo dos o más caras fracturadas presenten cantos redondeados

Arista: línea que resulta de la intersección de dos superficies fracturadas.

[volver](#)



Sales e Impurezas Orgánicas: para chequear la estabilidad química, debiendo ser inalterables frente a los compuestos en el proceso de fraguado. Estos pueden llegar a desintegrar el hormigón.

Materia Orgánica puede retardar el fraguado, afectando resistencia a edades tempranas.

[volver](#)

Sales Solubles Cloruros, acelera proceso de corrosión en armaduras.

Sulfatos y Sulfuros, producen expansión en el hormigón pudiendo destruirlo.

El árido debe ser químicamente estable, una de las reacciones peligrosas se conoce como árido –álcali que ocurre entre la sílice amorfa del árido y los álcalis liberados en la hidratación del cemento

[volver](#)

Gracias.

No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que esta est# da#ada. Busque el equipo y, a continuaci#n, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertar de nuevo.