

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Ingeniería Civil

Cátedra:

Tecnología de los Materiales de Construcción

Tema:

“ Cemento Portland: clases, suministro ”

Compuestos principales

- C_2S (Silicato Dicálcico)
 - C_3A (Aluminato tricálco)
 - C_4AF (Ferro aluminato tetracálcico)
 - C_3S (Silicato Tricálcico)
- } Proveniente del clinker
-
- CSH_2 (Sulfato de Calcio di-hidratado)
- } Yeso

Clinker: Componentes principales

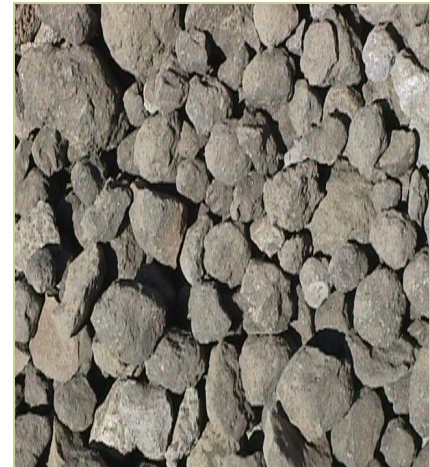
Silicato Tricálcico(C3S): Componente mayoritario del clinker(aprox. 60%). Aporta las resistencias a corto plazo (28 días).

Silicato Dicálcico(C2S): Segundo en proporción, aporta resistencias a largo plazo (>de 28 días).

Aluminato Tricálcico (C3A): El más rápido en hidratarse, mínimo aporte de resistencias. Fraguado muy rápido.

Ferrito Aluminato Tetracálcico(C4AF): Resistencia química, no aporta resistencias mecánicas.

Las proporciones óptimas dependen de la buena formulación de la harina cruda



Nombre	Símbolo	% en Clinker	Rol Principal
Silicato Tricálcico	C_3S	50 al 70	Resistencias Iniciales
Silicato Dicálcico	C_2S	10 al 30	Resistencias > 28 días
Aluminato Tricálcico	C_3A	0 al 15	Alto Calor de Hidratación – Vulnerabilidad a Sulfatos
Ferroaluminato tetracálcico	C_4FA	4 a 16	Estabilidad química frente a los sulfatos

Reglamento CIRSOC 201

Cemento:

Conglomerante hidráulico que contiene al clínquer pórtland como constituyente necesario.

Es un material inorgánico finamente dividido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece en virtud de reacciones y procesos de hidratación y que una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo agua.

Reglamento CIRSOC 201

Protección contra la **humedad**

Almacenamiento **a granel** en silos adecuados

Cementos de **distinto tipo, marca o partida** se deben almacenar en forma separada

Norma IRAM 50000

Cemento

Cemento para uso general

Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción

Especifica los componentes y las proporciones

Especifica las exigencias mecánicas, físicas y químicas y las condiciones de recepción

Incorpora tres conceptos de gran importancia:

- **Cemento de uso general**
- **Control de conformidad**
- **Categoría de resistencia**

Norma IRAM 50000

CEMENTOS DE USO GENERAL

**CEMENTO APTO PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN SIMPLE
O ARMADO (aplicaciones estructurales y no estructurales)**

**Su selección (tipo y categoría de resistencia) dependerá de los
requerimientos de resistencia y durabilidad del hormigón**

Todos los cementos de IRAM 50000 son de USO GENERAL

Norma IRAM 50000

Clasifica los cementos:

1. Según tipo de cemento y composición
2. Requisitos. Categoría resistente

Norma IRAM 50000

1. Según tipo de cemento y composición

Hay seis tipos:

- Cemento pórtland normal
- Cemento pórtland con “filler” calcáreo
- Cemento pórtland con escoria
- Cemento pórtland compuesto
- Cemento pórtland puzolánico
- Cemento de alto horno

Norma IRAM 50000

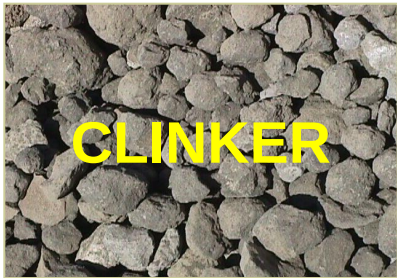
Tabla 1 - Tipos de cemento y composición

Tipo de cemento	Nomenclatura	Composición (g/100 g)			
		Clínker + sulfato de calcio	Puzolana (P)	Escoria (E)	“Filler” calcáreo (F)
Cemento pórtland normal	CPN	100-90		0-10	
Cemento pórtland con “filler” calcáreo	CPF	99-80			1-20
Cemento pórtland con escoria	CPE	89-65		11-35	
Cemento pórtland compuesto	CPC	98-65	dos o más, con $P + E + F \leq 35$		
Cemento pórtland puzolánico	CPP	85-50	15-50		
Cemento de alto horno	CAH	65-25		35-75	

Norma IRAM 50000

BASE

COMPUESTO
MINERAL



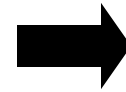
+



ESCORIA

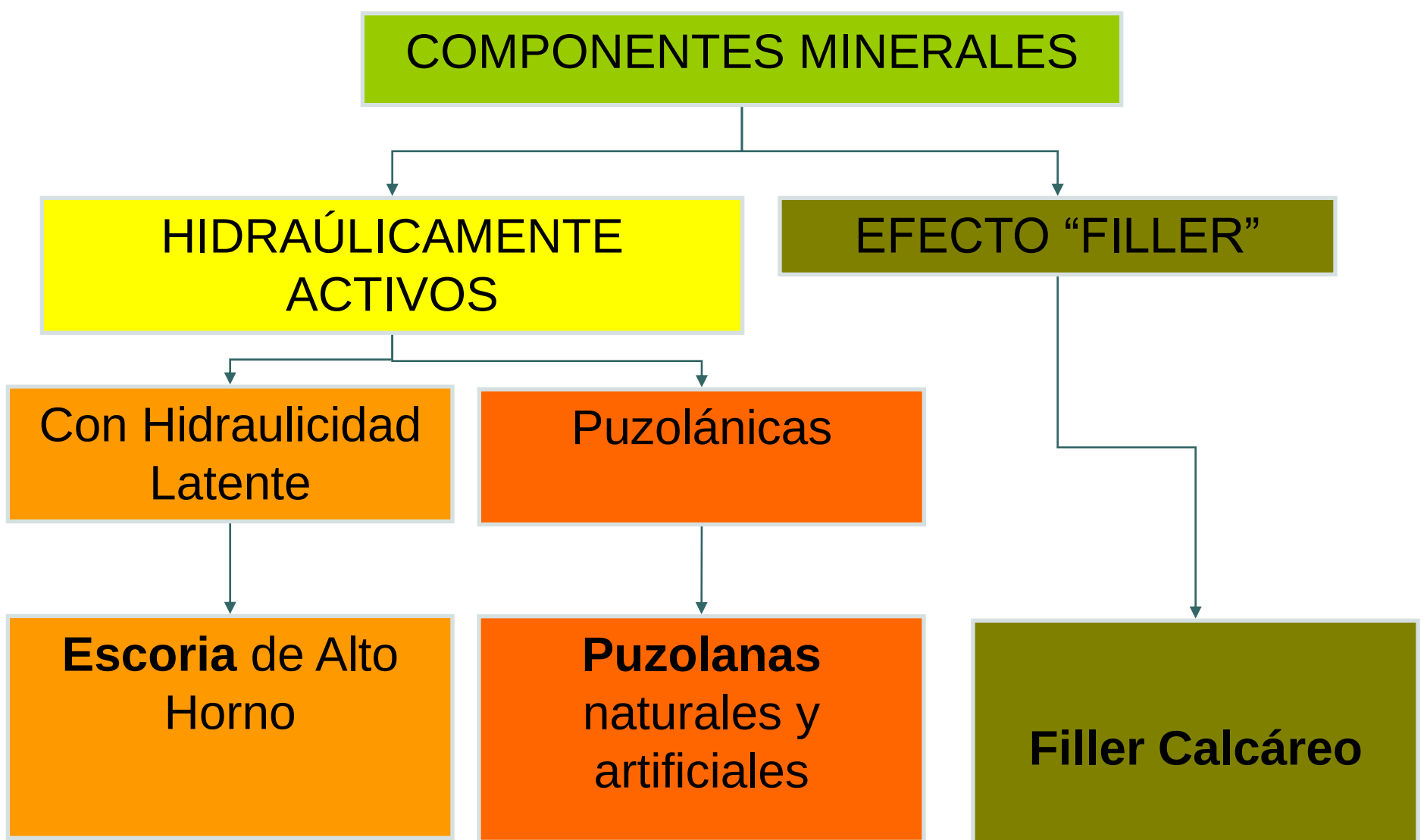
PUZOLANA

FILLER
CALCÁREO



CEMENTO

COMPONENTES MINERALES



```
graph TD; A[COMPONENTES MINERALES] --> B[HIDRAÚLICAMENTE ACTIVOS]; A --> C[EFECTO “FILLER”]; B --> D[Con Hidraulicidad Latente]; B --> E[Puzolánicas]; D --> F[Escoria de Alto Horno]; E --> G[Puzolanas naturales y artificiales]; C --> H[Filler Calcáreo];
```

**HIDRAÚLICAMENTE
ACTIVOS**

EFECTO “FILLER”

**Con Hidraulicidad
Latente**

Puzolánicas

**Escoria de Alto
Horno**

**Puzolanas
naturales y
artificiales**

Filler Calcáreo

ESCORIA DE ALTO HORNO

Es un subproducto que se obtiene en la fabricación del acero.

Tiene una composición química similar al clinker y en presencia de cemento y agua, forma compuestos hidráulicos que aportan a las resistencias mecánicas.

PUZOLANAS

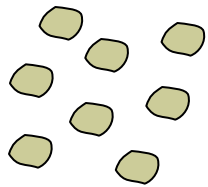
Materiales naturales o subproductos artificiales capaces de combinarse con la cal (producto de la hidratación del cemento), a temperatura ambiente y en presencia de agua, para formar compuestos hidráulicos

FUNCIONES

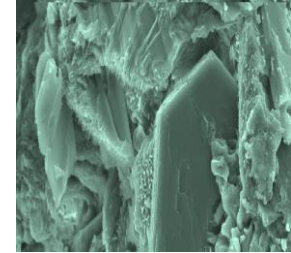
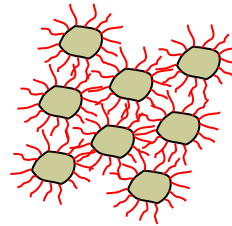
- **Disminuyen el calor generado por la hidratación**
- **Refinan la estructura de poros del hormigón**
- **Disminuyen la permeabilidad del hormigón**
- **Inhiben los efectos de los áridos reactivos**
- **Aumentan la durabilidad del hormigón**



ACCIÓN DE LOS COMPONENTES MINERALES HIDRAULICAMENTE ACTIVOS



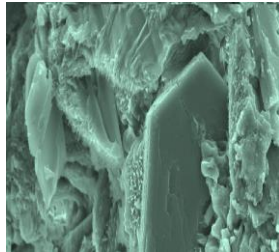
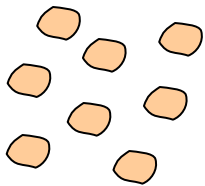
H_2O



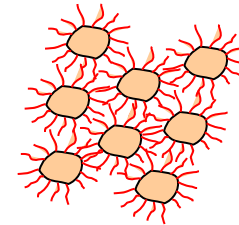
Clinker

**Silicato de
calcio
hidratado**

Hidrato Cálculo



H_2O



**COMPONENTES
MINERALES**

HC
Hidrato Cálculo

**Silicato de
calcio
hidratado**

FILLER CALCÁREO

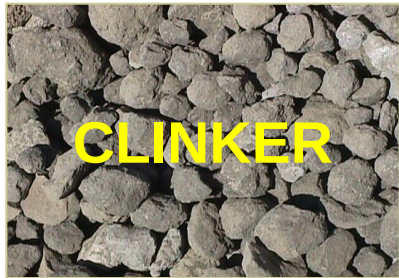
Material calcáreo de naturaleza inorgánica y origen mineral carbonatado compuesto principalmente por carbonato de calcio.

BASE

COMPUESTO
MINERAL

TIPO DE CEMENTO

SIGLA



+



FILLER
CALCÁREO

Con Filler Calcáreo

CPF

PUZOLANA

Puzolánico

CPP

Normal

(<10%)

CPN

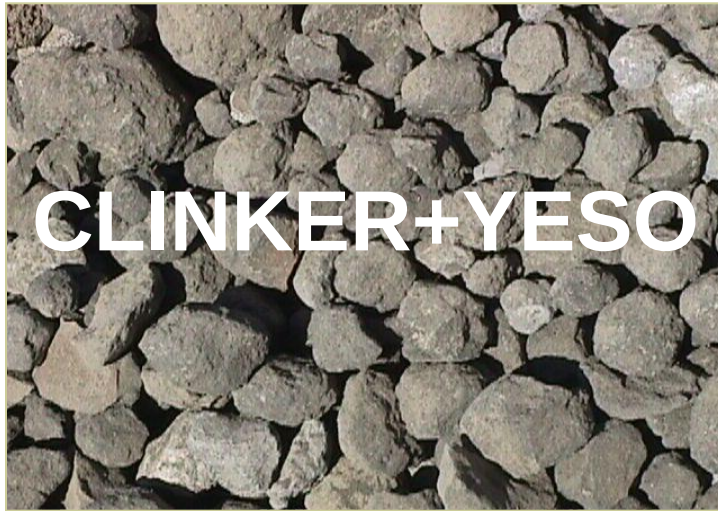
ESCORIA

con Escoria (10-35%)

CPE

de Alto Horno (>35%)

CAH



CLINKER+YESO

**COMPONENTE MINERAL
1**

**COMPONENTE MINERAL
2**

**COMPONENTE MINERAL
3**

CEMENTO COMPUESTO

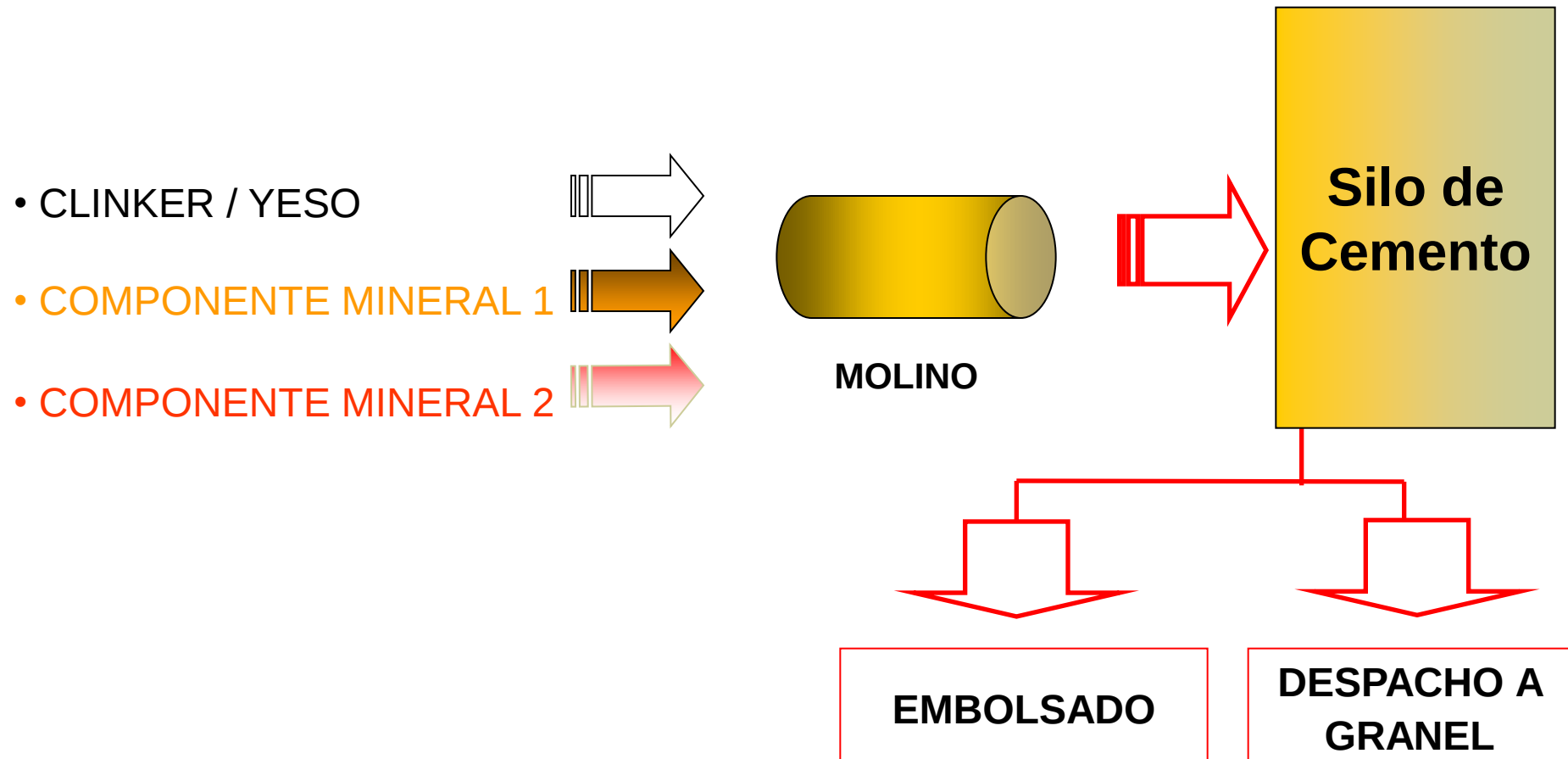
CPC

Escoria – Puzolana – Filler Calcáreo

Al menos dos componentes minerales y un máximo de 35 %

Producción del cemento

Esquema de producción convencional



REQUISITOS IRAM 50000

1. Forma de entrega
2. Contenido
3. Requisitos químicos
4. Requisitos físicos
5. Requisitos mecánicos

Tabla 3 - Requisitos químicos

REQUISITOS QUÍMICOS

Característica	Tipo de cemento	Requisito	Unidad	Método de ensayo
Pérdida por calcinación (máximo)	CPN	4,0	g/100 g	IRAM 1504
	CPE			
	CPP			
	CAH	12,0		
	CPF			
	CPC			
Residuo insoluble (máximo)	CPN	2,0		
	CPE			
	CAH			
	CPF	5,0		
	CPC	--		
	CPP			
Trióxido de azufre (SO ₃) (máximo)	CPN	3,5		
	CPF			
	CPE			
	CPC			
	CPP			
	CAH			
Óxido de magnesio (MgO) (máximo)	CPN	5,0		
	CPP	6,0		
	CPF			
	CPE	--		
	CPC			
	CAH			
Cloruros (Cl ⁻) (máximo)	CPN	0,10		
	CPF			
	CPE			
	CPC			
	CPP			
	CAH			
Sulfuros (S ²⁻) (máximo)	CPN	0,10		
	CPF			
	CPP			
	CPE	0,50		
	CPC			
	CAH	1,0		
Coeficiente puzolánico	CPP	< 1,0	---	IRAM 1651-2

REQUISITOS FÍSICOS

Tabla 4 - Requisitos físicos

Requisito			Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Finura	Material retenido sobre el tamiz IRAM 75 μm		g/100 g	-	15,0	IRAM 1621
	Superficie específica	Promedio	m ² / kg	250,0	-	IRAM 1623
		Individual		225,0		
Constancia de volumen	Expansión en autoclave		%	-	1,0	IRAM 1620
Tiempo de fraguado	inicial		min	45	-	IRAM 1619
	final		h	-	10	
Contracción por secado (*)	a los 28 d de la lectura inicial		%	-	0,15	IRAM 1651-2
Requerimiento de agua, por ciento por masa de cemento (**)			g/100 g	-	64,0	

(*) Sólo se aplica para los cementos tipo CPP.

(**) Sólo se aplica para los cementos tipo CPP y CPC.

REQUISITOS MECANICOS

CLASIFICACIÓN POR RESISTENCIA

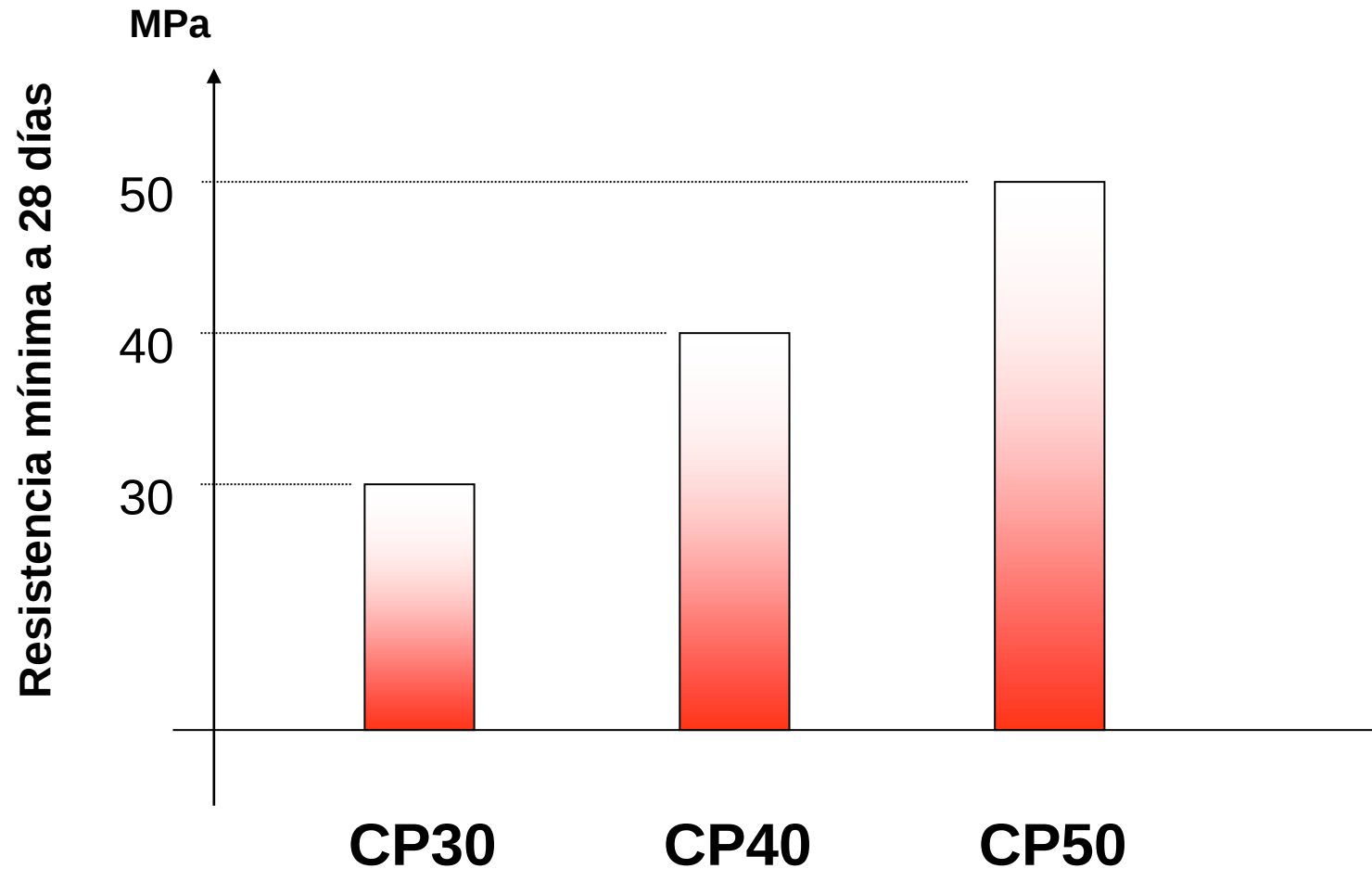
Tabla 5 - Requisitos mecánicos

Categoría	Resistencia a la compresión (MPa)				Método de ensayo
	2 d	7 d	28 d		
CP 30	-	mín. 16	mín. 30	máx. 50	IRAM 1622
CP 40	mín. 10	-	mín. 40	máx. 60	
CP 50	mín. 20	-	mín. 50	-	

Nota 3: En todo los casos, los valores de resistencia obtenidos a los 28 d deberán ser mayores que los obtenidos a los 2 d y a los 7 d.

REQUISITOS MECANICOS

CLASIFICACIÓN POR RESISTENCIA



Cemento Portland Compuesto

Con adición de "Filler" Calcareo / Escoria

|CPC40|



CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE

- CP40 - Resistencia mínima a la compresión exigida por norma de 40 MPa. (408 kg./cm²) a 28 días
- Cemento de uso general
- Hormigones de larga duración
- Cumple con norma IRAM 50000
- Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2000



Cemento Portland Compuesto

Con adición de "Filler" Calcareo / Escoria

|CPC40|



CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE

- CP40 - Resistencia mínima a la compresión exigida por norma de 40 MPa. (408 kg./cm²) a 28 días
- Cemento de uso general
- Hormigones de larga duración



- Cumple con norma IRAM 50000

- Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2000

Cemento Portland Compuesto

Con adición de "Filler" Calcareo / Escoria

|CPC40|



CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE

- CP40 - Resistencia mínima a la compresión exigida por norma de 40 MPa. (408 kg./cm²) a 28 días
- Cemento de uso general
- Hormigones de larga duración
- Cumple con norma IRAM 50000
- Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2000



Cemento Portland Compuesto

Con adición de "Filler" Calcareo / Escoria

|CPC40|



CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE

- CP40 - Resistencia mínima a la compresión exigida por norma de 40 MPa. (408 kg./cm²) a 28 días
- Cemento de uso general
- Hormigones de larga duración



• Cumple con norma IRAM 50000

• Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2000

Cemento Portland Compuesto

Con adición de "Filler" Calcáreo / Escoria

|CPC40|



CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE

- CP40 - Resistencia mínima a la compresión exigida por norma de 40 MPa. (408 kg./cm²) a 28 días
- Cemento de uso general
- Hormigones de larga duración



• Cumple con norma IRAM 50000

• Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2000

Norma IRAM 5000 I

Cemento

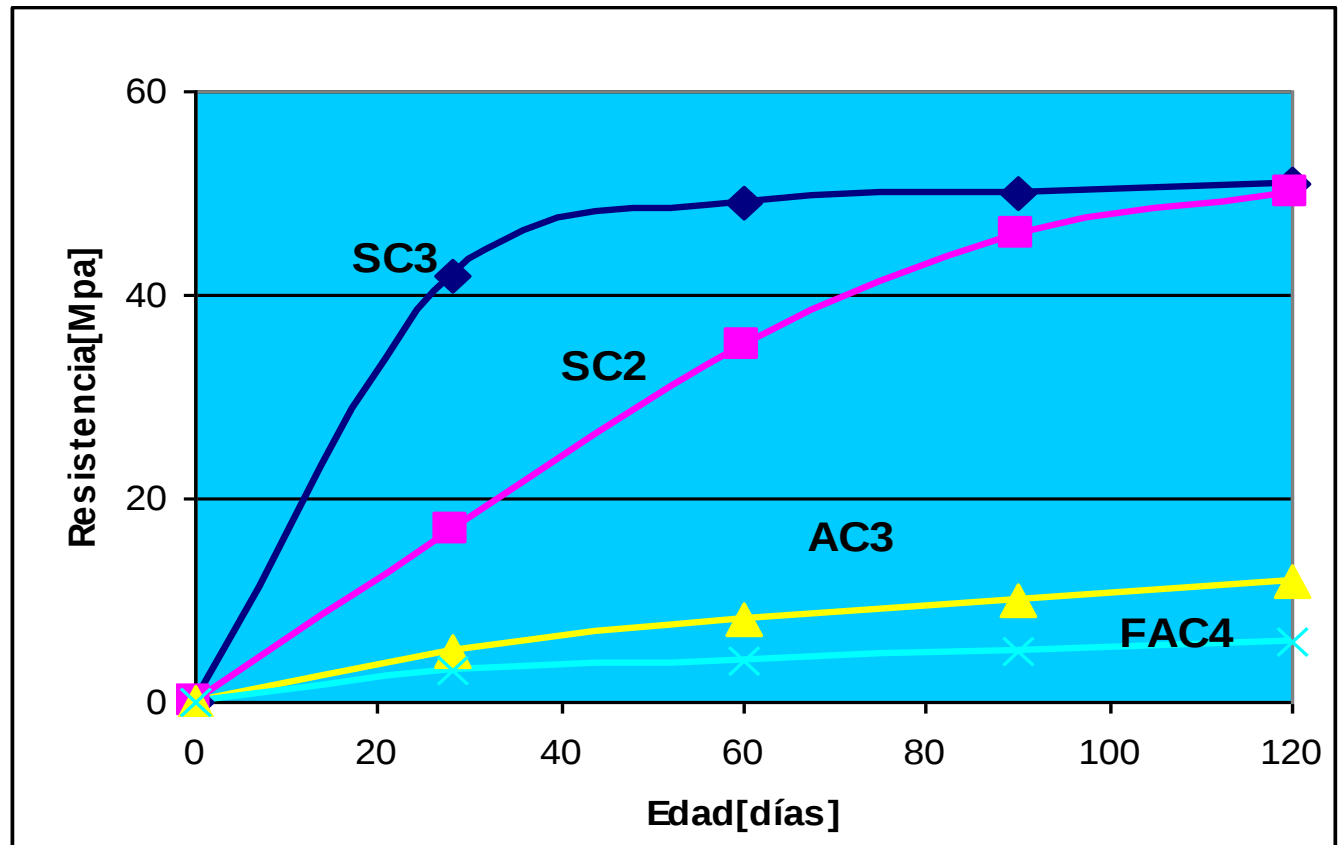
Cemento con propiedades especiales

IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Nombre	Sigla
De Alta Resistencia Inicial	ARI

ARI

**De Alta Resistencia
Inicial**



USOS :

- Encofrados deslizantes**
- Prefabricados**
- Hormigón pretensado**
- Hormigonado clima frío**

IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Nombre	Sigla
De Alta Resistencia Inicial	ARI
Moderadamente Resistente a los Sulfatos	MRS
Altamente Resistente a los Sulfatos	ARS

Nombre	Símbolo	% en Clinker	Rol Principal
Silicato Tricálcico	C_3S	50 al 70	Resistencias Iniciales
Silicato Dicálcico	C_2S	10 al 30	Resistencias > 28 días
Aluminato Tricálcico	C_3A	0 al 15	Alto Calor de Hidratación – Vulnerabilidad a Sulfatos
Ferroaluminato tetracálcico	C_4FA	4 a 16	Estabilidad química frente a los sulfatos

MRS

De Moderada Resistencia a los Sulfatos

ARS

De Alta Resistencia a los Sulfatos

- Son cementos cuyo Aluminato Tricálcico (C_3A) está limitado.
- La Norma IRAM fija un valor máximo de 4 %.
- Su característica resistente puede ser CP30, CP40 o CP50.

Diseñados para :

Fundación o elementos estructurales en contacto con suelos o aguas sulfatadas

IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Nombre	Sigla
De Alta Resistencia Inicial	ARI
Moderadamente Resistente a los Sulfatos	MRS
Altamente Resistente a los Sulfatos	ARS
Bajo Calor de Hidratación	BCH

Nombre	Símbolo	% en Clinker	Rol Principal
Silicato Tricálcico	C_3S	50 al 70	Resistencias Iniciales
Silicato Dicálcico	C_2S	10 al 30	Resistencias > 28 días
Aluminato Tricálcico	C_3A	0 al 15	Alto Calor de Hidratación – Vulnerabilidad a Sulfatos
Ferroaluminato tetracálcico	C_4FA	4 a 16	Estabilidad química frente a los sulfatos

BCH

Bajo Calor de Hidratación

CALOR DE
HIDRATACIÓN

GENERACIÓN DE
CALOR

DISIPACIÓN
TÉRMICA

CONTRACCIÓN

Contenido
más bajo de
 C_3S y C_3A

FISURACIÓN

BCH

Bajo Calor de Hidratación

USOS:

Estructuras masivas (presas, grandes fundaciones, etc.)

IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Nombre	Sigla
De Alta Resistencia Inicial	ARI
Moderadamente Resistente a los Sulfatos	MRS
Altamente Resistente a los Sulfatos	ARS
Bajo Calor de Hidratación	BCH
Resistente a la Reacción Álcali-Agregados	RRAA

REACCIÓN ÁLCALI – ÁRIDO

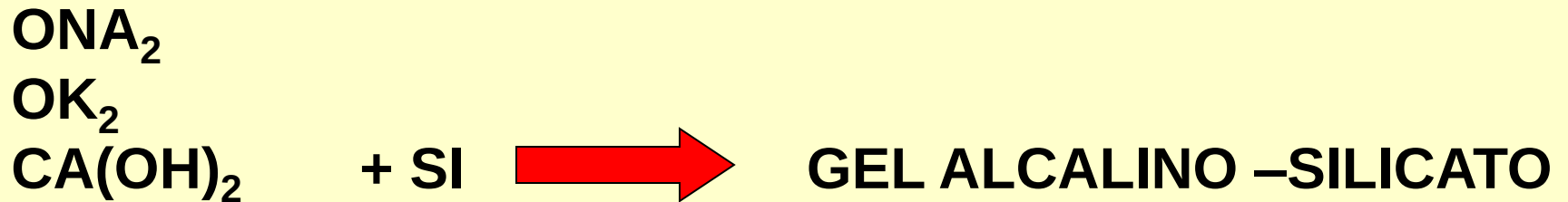
CONDICIONES NECESARIAS PARA QUE SE PRODUZCA LA REACCIÓN

ÁRIDO C/ SÍLICE REACTIVA

AGUA

ÁLCALIS DEL CEMENTO (óxidos de NA y K e hidróxido de calcio)

REACCIÓN ÁLCALI – ÁRIDO



(Expansión ilimitada,
absorbe agua
aumentando su volumen)

REACCIÓN ÁLCALI – ÁRIDO



REACCIÓN ÁLCALI – ÁRIDO

FACTORES QUE ACELERAN EL PROCESO

- **POROSIDAD DE LA PASTA**
- **TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS SILÍCEAS**
- **TEMPERATURA**
- **FINURA DEL CEMENTO PÓRTLAND**
- **% ÁLCALIS DEL CEMENTO (0.6%)**

REACCIÓN ÁLCALI – ÁRIDO

MEDIDAS A TOMAR

- EXAMEN PETROGRÁFICO
- PRUEBA BARRA DE MORTERO (IRAM 1637)

FORMAS DE CONTROLAR LA REACCIÓN

- ÁRIDO REACTIVO CON CEMENTO DE BAJO CONTENIDO DE ÁLCALIS
- ÁRIDO REACTIVO CON CEMENTO NORMAL + PUZOLANAS
- ÁRIDO REACTIVO CON CEMENTO DE BAJO CONTENIDO DE ÁLCALIS + PUZOLANAS

RRAA

Cementos Resistente a la Reacción Álcali- Agregados

- Son cementos con contenido de álcalis acotados o con altos porcentajes de componentes minerales activos
- La Norma IRAM fija un valor máximo de ensayo de expansión en barras de mortero de 0.020% a 14 días
- **Diseñados para :**

Fundaciones o elementos estructurales elaborados con áridos reactivos frente a los álcalis del cemento y que vayan a estar en contacto con humedad.

IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Nombre	Sigla
De Alta Resistencia Inicial	ARI
Moderadamente Resistente a los Sulfatos	MRS
Altamente Resistente a los Sulfatos	ARS
Bajo Calor de Hidratación	BCH
Resistente a la Reacción Álcali-Agregados	RRAA
Blanco	B

IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Tabla 7 - Requisitos específicos de cementos blancos (B)

Tipo de Cemento	Propiedad	Unidad	Requisito	Método de ensayo
CPN, CPF o CPC	Contenido de Fe_2O_3	%	$\leq 0,50$	1504
	Contenido de Mn_2O_3		$\leq 0,10$	
	Blancura		> 70	1618



IRAM 50001- PROPIEDADES ESPECIALES

Nombre	Sigla
De Alta Resistencia Inicial	ARI
Moderadamente Resistente a los Sulfatos	MRS
Altamente Resistente a los Sulfatos	ARS
Bajo Calor de Hidratación	BCH
Resistente a la Reacción Álcali-Agregados	RRAA
Blanco	B

Norma IRAM 50000

Cemento

Cemento para uso general

Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción

Norma IRAM 50001

Cemento

Cemento con propiedades especiales

Bibliografía:

- **Normas IRAM 50000 y 50001**
- **Apuntes de la Cátedra**
- **A. Neville, J.J. Brooks. Tecnología del Concreto-
Ed. Trillas, 1998**
- **K. Metha, P. Monteiro. Concreto. Microestructura,
propriedades e materiais. Ed. IBRACON. 2008.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Ingeniería Civil

Cátedra:

Tecnología de los Materiales de Construcción

Tema:

"Cemento Portland: clases, suministro"