



# Componentes del Hormigón.

- Aglomerantes 
    - Cemento
    - Agua de amasado

Pasta
  - Inertes  
(agregados pétreos) 
    - Agregado fino
    - Agregado grueso
  - Aditivos
- mortero

# TECNOLOGIA DEL HORMIGON

- Estudio y selección previa de los materiales componentes
- Su dosificación racional, (uso de aditivos)
- Sus condiciones de elaboración
- Las características de obra y colocación del hormigón
- Su posterior cuidado y curado
- Atención al medio ambiente, agentes agresivos.
- Método de control y seguimiento estadístico de resultados

## Variables del $H^0$ (calidad y comportamiento)

- Relación a/c. (ley de Abrams)
- Características del cemento
- Grado de Compactación del Hormigón
- Edad y condiciones de curado

# DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES

- 1) SELECCIÓN DE LOS MATERIALES COMPONENTES
- 2) DETERMINACION DE SUS CANTIDADES RELATIVAS
- 3) AJUSTE MEDIANTE PASTONES DE PRUEBA

# Exigencias, Requisitos

- Resistencia Mecánica
- Resistencia Química (Durabilidad)
- Trabajabilidad
- Economía
- Estabilidad volumétrica

# Exigencias según su función.

- Estructuras
- Pavimentos
- Fundaciones y Túneles
- Depósitos de agua
- Construcciones marítimas

# Consideraciones Básicas a tener en cuenta

- Economía
- Durabilidad
- Resistencia
- Trabajabilidad
- Protección de armaduras

# Cantidades relativas y costos relativos

## Dosificación Común

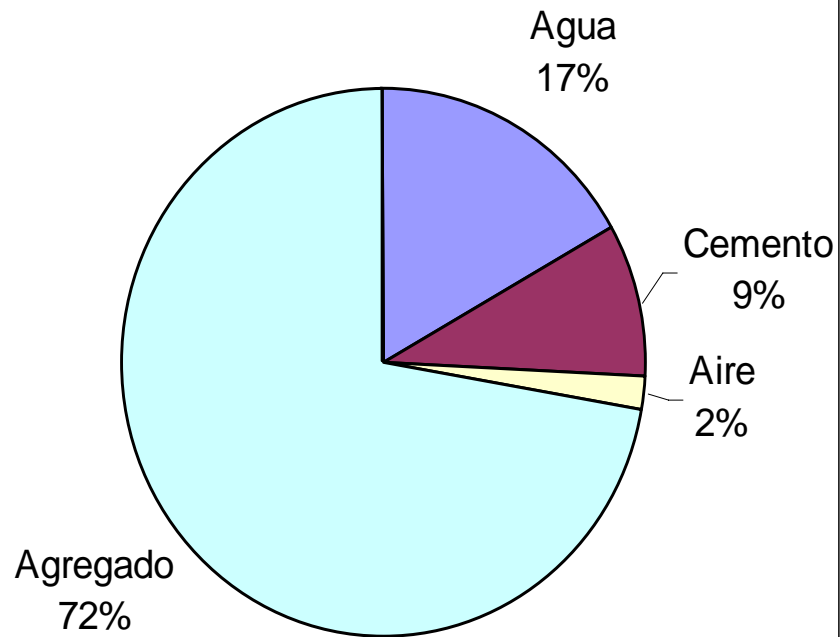
	Peso / m <sup>3</sup>	Volumen / m <sup>3</sup>	Precio por unidad	Precio relativo \$ / m <sup>3</sup>
Agua=	170 Kg	170 dm3	0	0
Cemento=	280 Kg	89 dm3	16 \$/bolsa	90
Aire =	0 Kg	20 dm3	0	0
Agregados=		721 dm3	piedra 100 \$/m <sup>3</sup>	36
			arena 30 \$/m <sup>3</sup>	11
Elaboración				53

**Total**

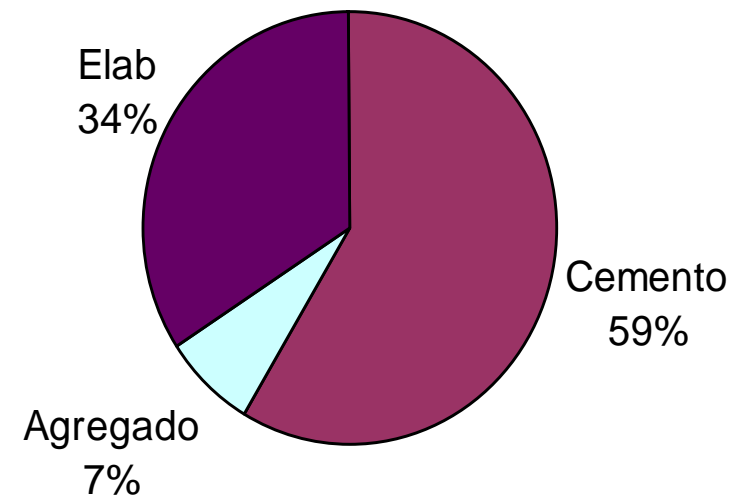
**190 \$/ m<sup>3</sup>**



## Volumen Relativo



## Precio Relativo



# REQUISITOS POR DURABILIDAD (CIRSOC)

- máxima razón agua/cemento
- mínima resistencia especificada
- contenido mínimo de aire intencionalmente incorporado,
- resistencia frente al ataque por sulfatos,
- resistencia frente al ataque por agua de mar, cuando corresponda.
- inhibición de la reacción álcali - sílice, cuando corresponda.
- penetración mínima de agua según, cuando corresponda

# Clasificación del medio ambiente

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios no sometidos a condensaciones</li> <li>• Elementos exteriores de edificios, revestidos</li> <li>• Hormigón masivo interior</li> <li>• Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual <math>&lt; 250</math> mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios protegidos de la intemperie</li> <li>• Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del <math>\text{CO}_2</math>.</li> <li>• Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.</li> </ul>
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios expuestos al aire con <math>\text{HR} \geq 65\%</math> o a condensaciones</li> <li>• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual <math>&lt; 1.000</math> mm.</li> <li>• Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sótanos no ventilados</li> <li>• Fundaciones</li> <li>• Tableros y pilas de puentes</li> <li>• Elementos de hormigón en cubiertas de edificios</li> <li>• Exteriores de edificios.</li> <li>• Interiores de edificios con humedad del aire alta o media</li> <li>• Pavimentos</li> <li>• Losas para estacionamientos</li> </ul>
A 3	Climas tropical y subtropical		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual <math>\geq 1.000</math> mm</li> <li>• Temperatura media mensual durante más de 6 meses al año <math>\geq 25^\circ \text{C}</math>.</li> </ul>	

Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras (continuación)

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
M 1	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros</li><li>• Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Piletas de natación sin revestir.</li><li>• Fundaciones en contacto con aguas subterráneas</li><li>• Cisternas en plantas potabilizadoras</li><li>• Elementos de puentes</li></ul>
A 3	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"><li>• A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*).</li></ul>
M 1		Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"><li>• A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construcciones próximas a la costa.</li></ul>
		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estructuras de defensas costeras</li><li>• Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar</li></ul>
M 2		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"><li>• En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios</li></ul>

(\*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando ellos provengan del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Prov. De Buenos Aires, esta zona está entre 1 y 10 km. En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.

**Tabla 2.2. Clases específicas de exposición que pueden producir degradación distinta de la corrosión de armaduras**

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición
C 1	Congelación y deshielo	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad mayor que el 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas.</li> <li>• Estructuras que contienen agua o la conducen.</li> </ul>
C 2		Con sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes.</li> <li>• Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes.</li> </ul>
Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4).</li> </ul>	
Q 2		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4).</li> <li>• Exposición al agua de mar</li> </ul>	
Q 3		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4).</li> </ul>	

Tabla 2.3. Valores limites de sustancias agresivas en aguas de contacto

Grado de ataque	Sulfatos solubles ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) (1)	Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (2)	pH (3)	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) (4)	Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) (5)
	mg/litro	mg/litro	-----	mg/litro	mg/litro
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 30
Fuerte	1.500 a 10.000	1.000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy fuerte	Mayor de 10.000	Mayor de 3.000	Menor de 4,5	Mayor de 100	Mayor de 60
(1); (2) y (3) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM que se redactará al efecto (4) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1 708. ( Se encuentra en etapa de redacción el método para determinación de amonio).					

**Tabla 2.4. Valores limites de sustancias agresivas en suelos de contacto**

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (1)	Grado de acidez Baumann – Gully Modificado (2)
	% en masa	Nº
Moderado	0,10 a 0,20	Mayor de 20
Fuerte	0,20 a 2,00	-----
Muy fuerte	Mayor de 2,00	-----
<p>(1) Se determinará con el método especificado en la norma <i>IRAM</i> que se redactará al efecto.</p> <p>(2) Se determinará con el método especificado en la norma <i>IRAM</i> 1 707</p>		





# Incorporador de Aire

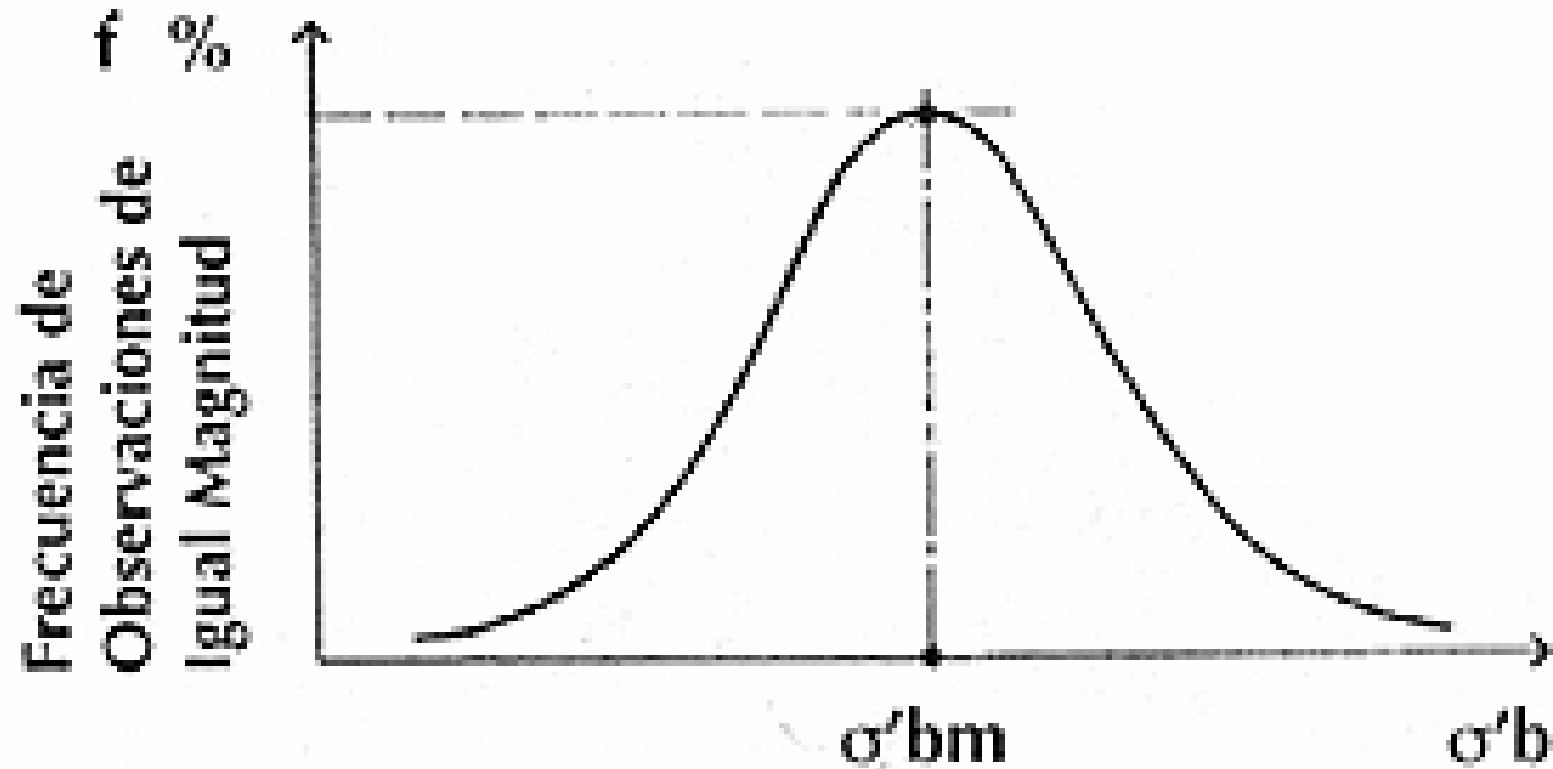
**Tabla 5.3. Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón**

<b>Tamaño máximo del agregado grueso</b>	<b>Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón, de acuerdo al tipo de exposición o para hormigones especiales (Capítulo 2, Tablas 2.5. y 2.9.)</b>	
	<b>Exposición tipo C1 y Hormigón a colocar bajo agua</b>	<b>Exposición tipo C2</b>
<b>mm</b>	<b>% en volumen</b>	<b>% en volumen</b>
13,2	$5,5 \pm 1,5$	$7,0 \pm 1,5$
19,0	$5,0 \pm 1,5$	$6,0 \pm 1,5$
26,5	$4,5 \pm 1,5$	$6,0 \pm 1,5$
37,5	$4,5 \pm 1,5$	$5,5 \pm 1,5$
53,0	$4,0 \pm 1,5$	$5,0 \pm 1,5$

# REQUISITOS POR RESISTENCIA

- **Resistencia especificada**
- La *resistencia especificada o resistencia característica de rotura a compresión  $f'c$*  es el valor de la resistencia a compresión que se adopta en el proyecto y se utiliza como base para los cálculos.
- *$f'c$  resistencia a compresión correspondiente al cuantil 10% en la distribución de resistencia a compresión del hormigón colocado en una obra (valor estadístico de la resistencia, que corresponde a la probabilidad de que el noventa por ciento (90%) de todos los resultados de ensayos de la población supere dicho valor)*

# Curva de Gauss



Tensión de Rotura  
a la Compresión

FIG. 1

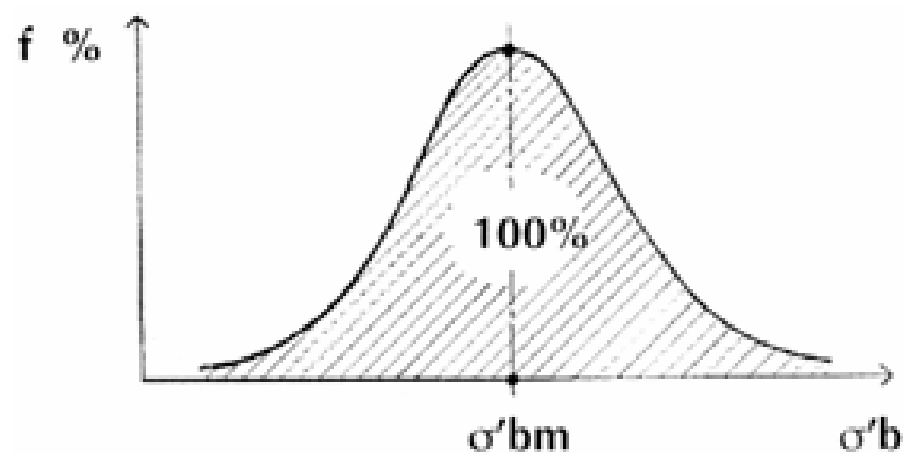


FIG. 2

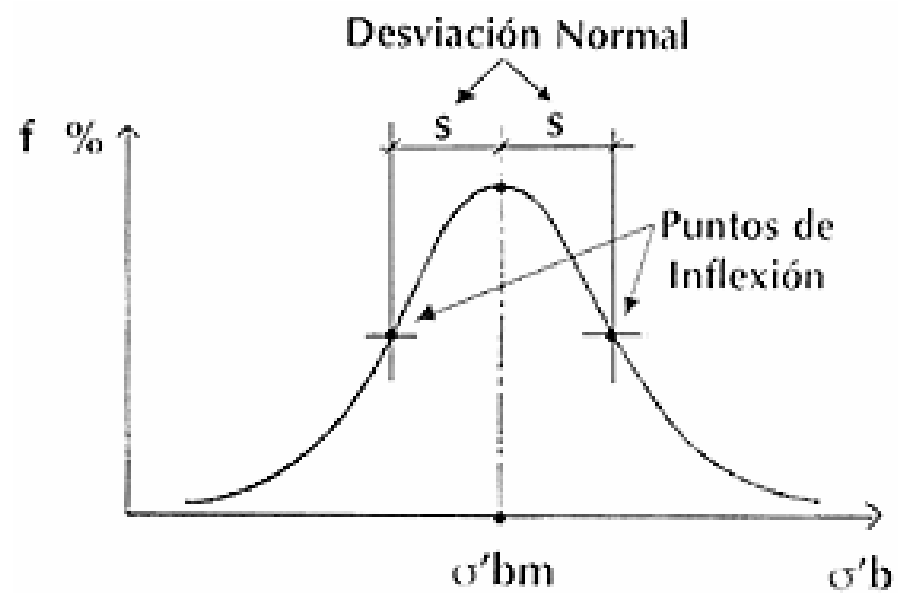


FIG. 3

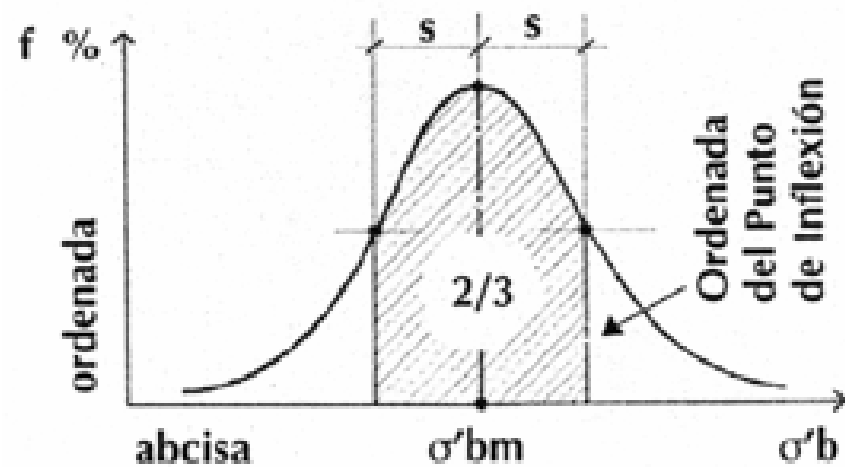


FIG. 4

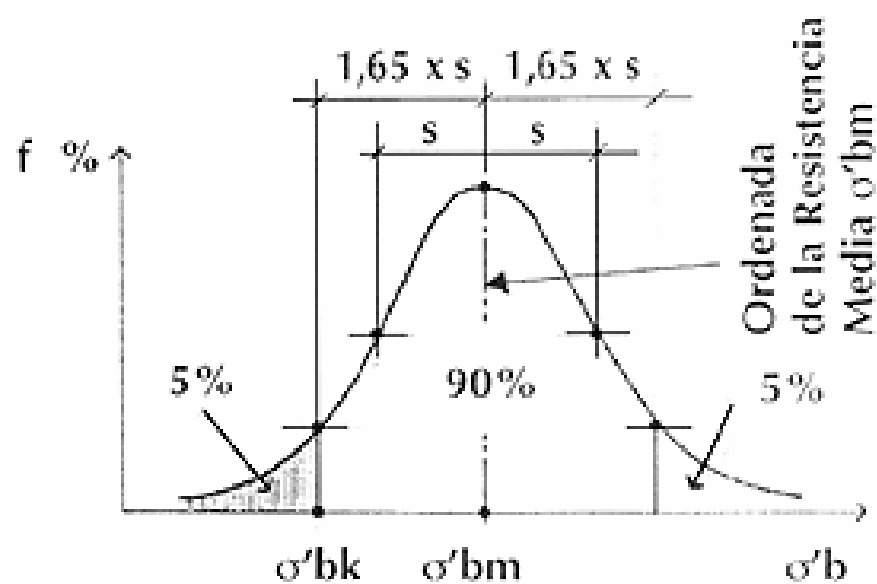


FIG. 5

# Desviación estandar

(se posee mas de 30 ensayos)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

<b>s</b>	desviación estándar
<b><i>x<sub>i</sub></i></b>	resultado de un ensayo.
<b><i>X</i></b>	promedio de (n) resultados de ensayos.
<b><i>n</i></b>	número de resultados de ensayos consecutivos.

## Coeficiente de Variación

$$\delta = s / f'_{cm}$$

<b>f<sub>m</sub></b>	resistencia media a compresión
----------------------	--------------------------------

# CIRSOC tipifica los hormigones en función de su resistencia característica $f'_c$ a los 28 días

Tabla 2.7. Resistencias de los hormigones

Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión $f'_c$ (MPa)	A utilizar en hormigones
H – 15	15	simple
H – 20	20	simple y armados
H – 25	25	Simple, armados y pretensados
H – 30	30	
H – 35	35	
H – 40	40	
H – 45	45	
H – 50	50	
H – 60	60	

# Resistencia de diseño de la mezcla

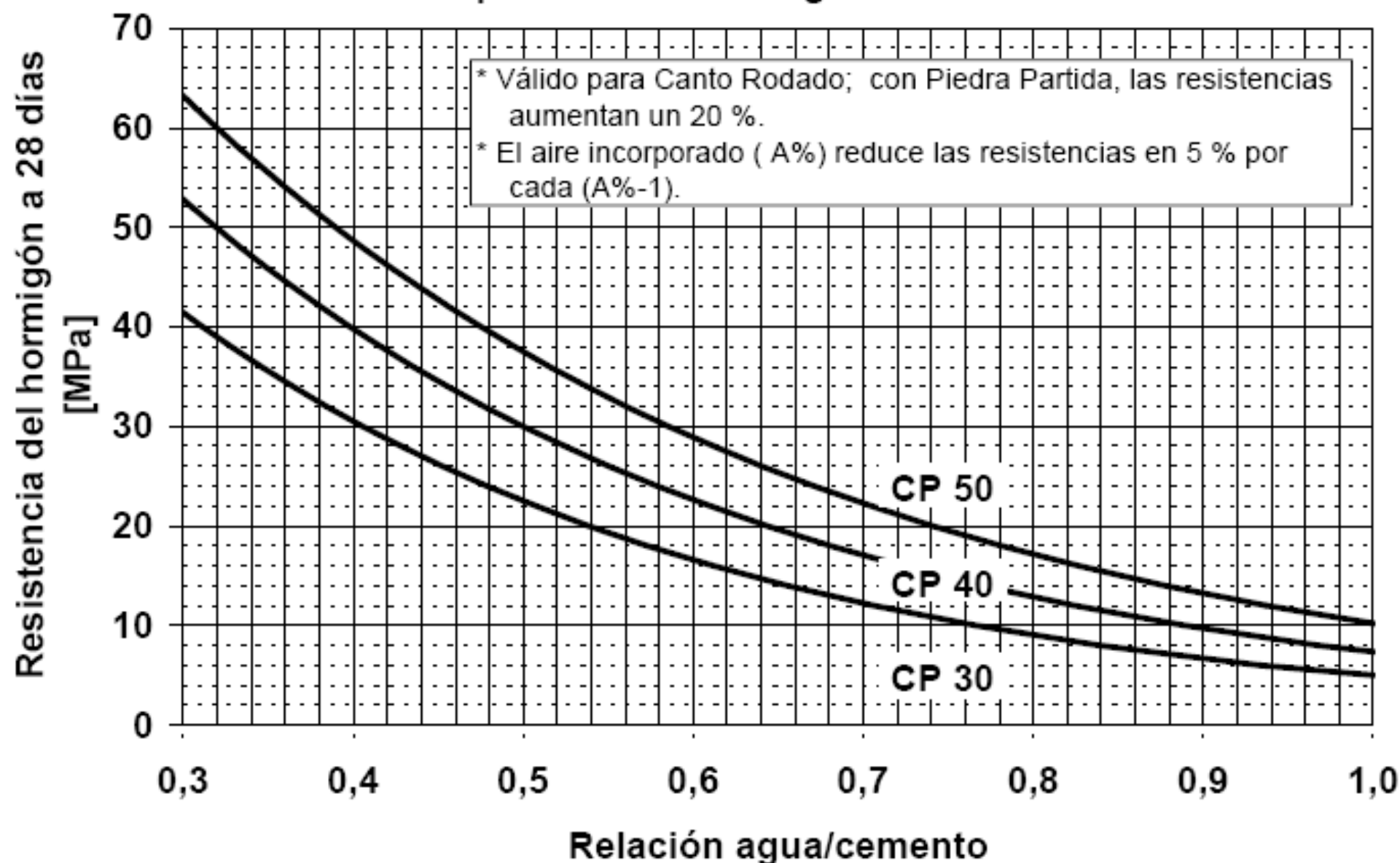
- Depende de los modos de control
- 1) Modo de control 1
  - $f'_{cr} = f'_c + 1,34 s$
  - $f'_{cr} = f'_c + 2,33 s - 3,5$
- 2) Modo de control 2
  - $f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1,34 s$
- $f'_c$  resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.
- $f'_{cr}$  resistencia de diseño de la mezcla, en MPa.
- $s$  desviación estándar, en MPa.

**Tabla 5.5. Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estándar**

<b>Resistencia especificada</b> <b>(<math>f'_c</math>)</b> <b>MPa</b>	<b>Resistencia de diseño de</b> <b>la mezcla</b> <b>(<math>f'_{cr}</math>)</b> <b>MPa</b>
Igual o menor que 20	$f'_c + 7,0$
Entre 20 y 35, inclusive	$f'_c + 8,5$
Mayor de 35	$f'_c + 10,0$



**Abaco 2: Relación a/c vs Resistencia del hormigón a la edad de 28 días para distintas categorías de cemento**



# Trabajabilidad

- Fluidez-consistencia (cono de Abrams)
- Dimensiones del elemento a llenar, armaduras
- Tipo de encofrado, material del encofrado (efecto pared)
- Métodos de compactación
- Aditivos fluidificantes - superfluidificantes

# Condiciones de Trabajabilidad

- Consistencia del  $H^0$

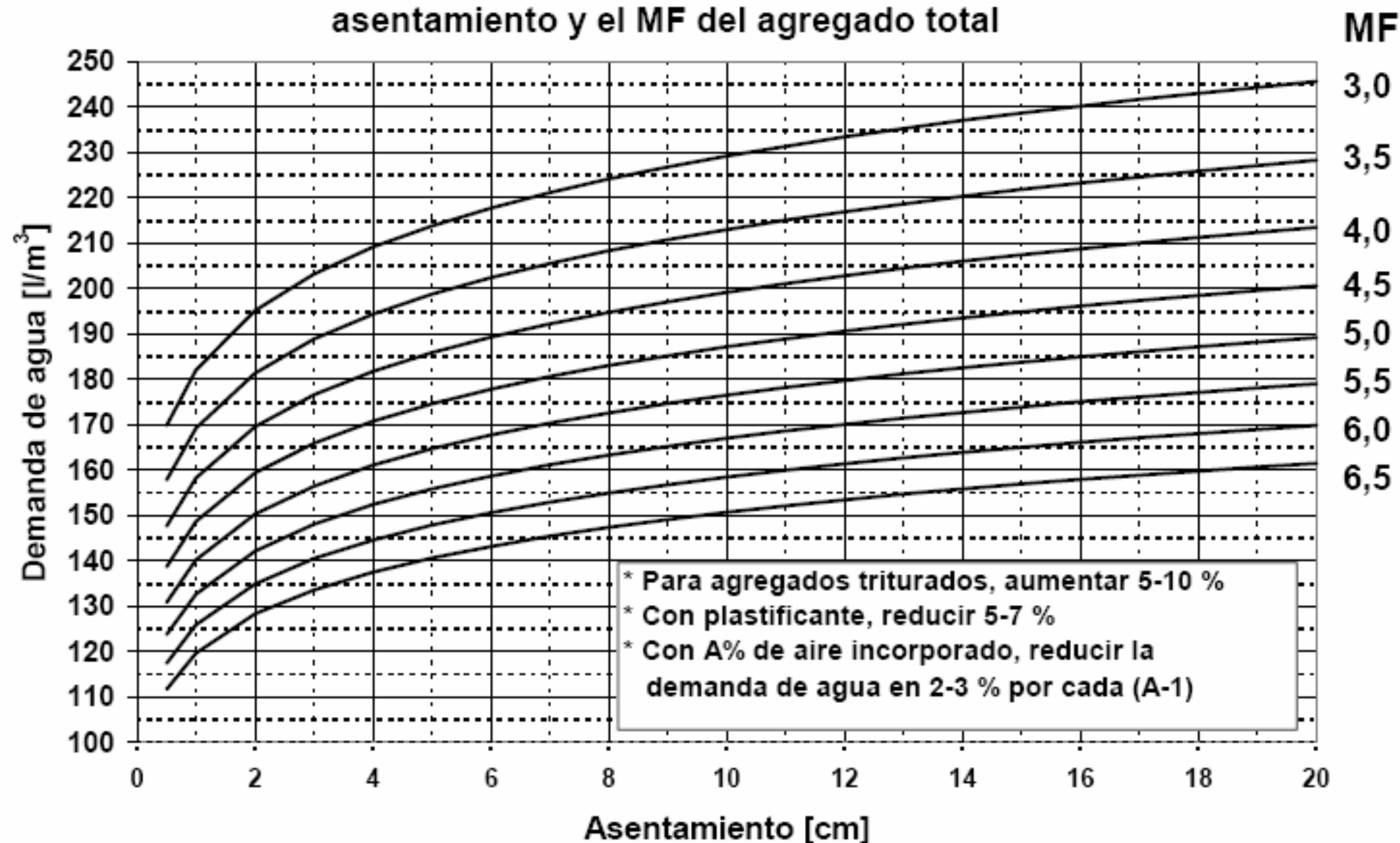
Tabla 5.1. Métodos de ensayo aplicables a cada rango de consistencia del hormigón

Consistencia	Rango			Ensayo de evaluación aplicable
	Remoldeo (V) (seg.)	Asentamiento (A) [cm]	Extendido (E) [cm]	
Muy seca	$5,0 < V \leq 50,0$	—	—	Tiempo de remoldeo en el dispositivo VeBe. Norma IRAM (en preparación).
Seca	—	$2,0 < A \leq 5,0$	—	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1 536-78.
Plástica	—	$5,0 < A \leq 10,0$	—	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1 536-78.
Muy plástica	—	$10,0 < A \leq 15,0$	$50 < E \leq 55$	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1 536-78. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1 690-86.
Fluida	—	$15,0 < A \leq 18,0$	$55 < E \leq 60$	Asentamiento del Cono de Abrams. Norma IRAM 1 536-78. Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1 690-86.
Muy fluida	—	—	$60 < E \leq 65$	Extendido en la Mesa de Graf. Norma IRAM 1 690-86.

<b>Ambito de consistencia</b>	<b>Aspecto del hormigón fresco</b>	<b>Gama (rango) de asentamientos [cm]</b>	<b>Métodos de compactación</b>
Hormigón seco	suelto - tendencia a la segregación	1,0 a 4,5	Vibradores potentes alta frecuencia
Hormigón plástico	levemente cohesivo a cohesivo	5,0 a 9,0	Vibración o varillado o apisonado
Hormigón "blando"	cohesivo o levemente fluido	10,0 a 15,0	Varillado o vibración leve
Hormigón superfluidificado	fluido – tiende a segregarse	Mayor que 16 (*)	Varillado o muy leve vibración

(\*) Nota: se recomienda el empleo de la Mesa de Graf, IRAM 1690. Deben emplearse aditivos superfluidificantes.

**Abaco 1: Demanda de agua del hormigón en función del asentamiento y el MF del agregado total**



# Contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM 300 $\mu\text{m}$

Tabla 5.4. Contenido mínimo de material que pasa por el tamiz IRAM 300  $\mu\text{m}$

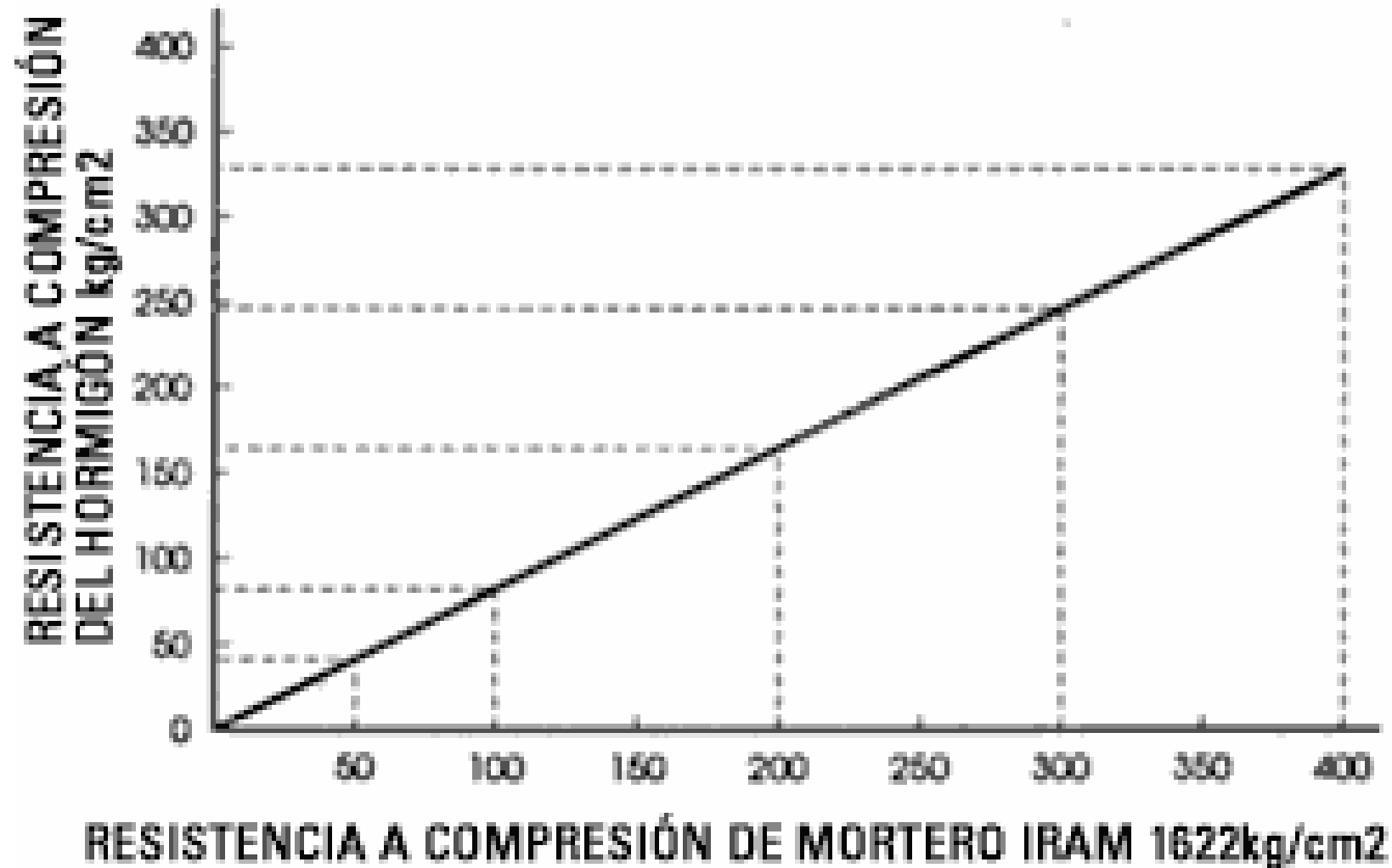
Tamaño máximo del agregado grueso	Contenido de material que pasa por el tamiz IRAM 300 $\mu\text{m}$ (N° 50)
(mm)	(kg por metro cúbico de hormigón).
13,2	480
19,0	440
26,5	410
37,5	380
53,0	350

# **Contenido unitario de cemento**

- ***Contenido mínimo necesario para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad***
- ***El contenido mínimo de cemento debe ser igual a 280 kg/m<sup>3</sup> de hormigón fresco compactado, tanto en el hormigón armado como en el pretensado.***

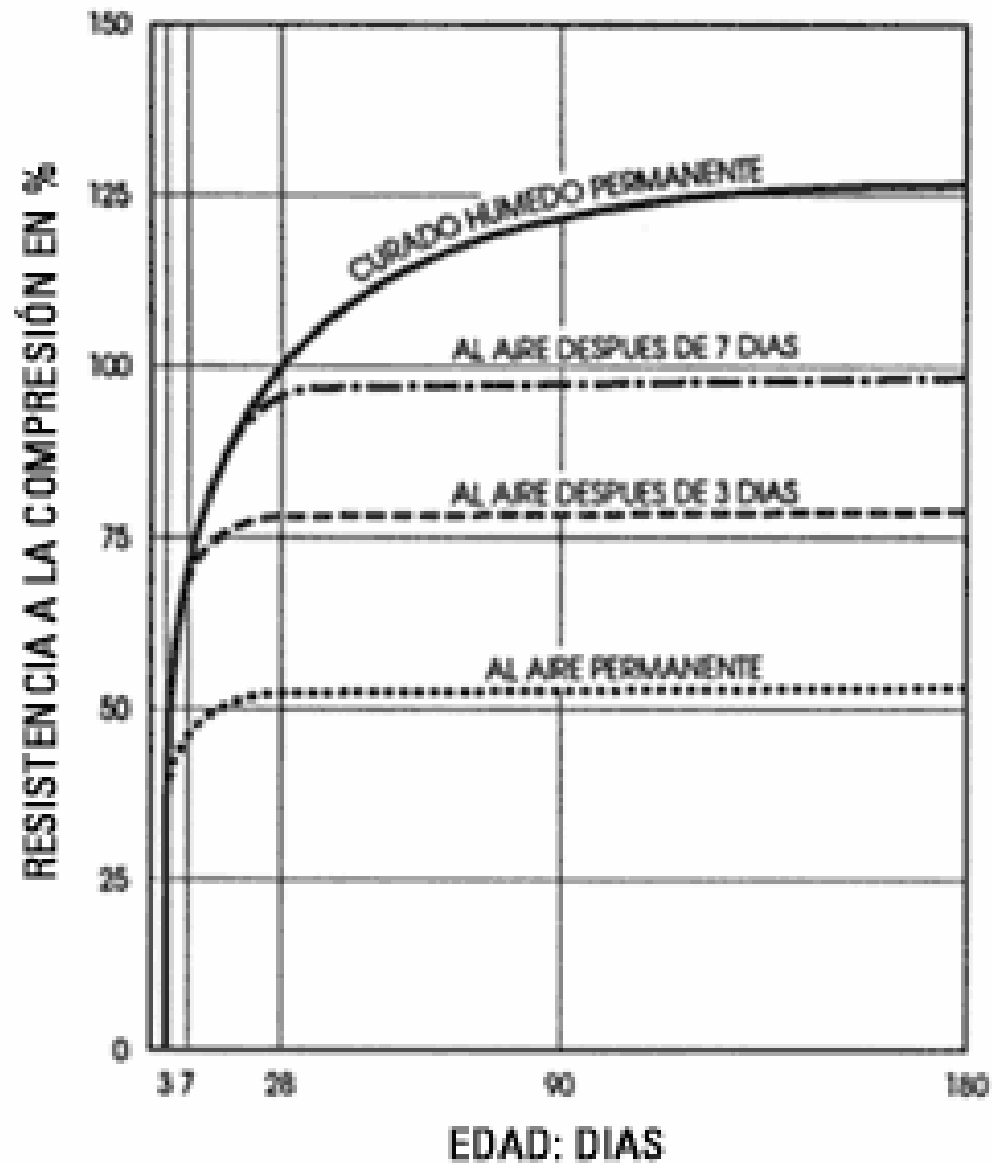
# Relación entre la Resistencia del Mortero de cemento Pórtland Normal y la Resistencia de Hormigón

(Para una misma relación agua/cemento).

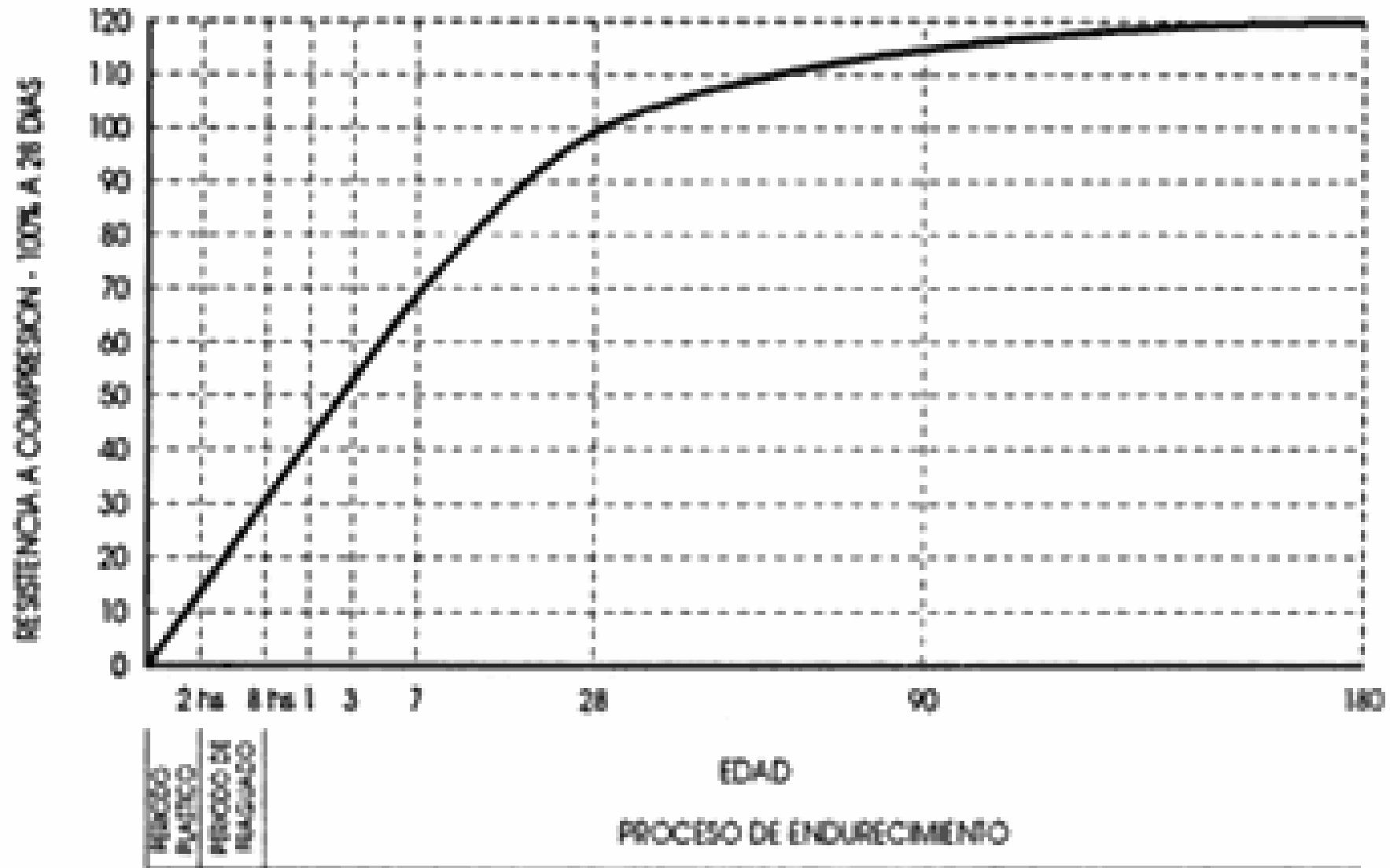




# Influencia del Curado Húmedo en la Resistencia.



# Desarrollo de la Resistencia en el Tiempo de un Hormigón con Cemento Pórtland Normal



## Curvas de Fraguado de Mortero de Cemento Pórtland Normal para Distintas Condiciones de Temperatura.

