



**Mejores Prácticas para el Proyecto  
y Ejecución de Pavimentos de Hormigón**

# **Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos**

Dirección Nacional de Vialidad  
Distrito 11° | Catamarca  
San Fernando del Valle de Catamarca  
12 y 13 de Abril de 2016

# Diseño de mezcla

## Premisas generales

- **Trabajabilidad + resistencia + durabilidad + estabilidad dimensional**
- **Economía global**
- **Uso de materiales disponibles localmente (si son aptos)**
- **Alcanzar óptimos**
- **Condicionantes particulares:** equipamiento a utilizar, proyecto, condiciones de exposición, plazo de ingreso en servicio
- **Sin fisuras**

# Diseño de mezcla

## Secuencia tradicional (ref Método ICPA)

1. Selección de la **resistencia de diseño**
2. Elección del **asentamiento objetivo** (medida de la consistencia)
3. Elección del **cemento a emplear**
4. Contemplar la **incorporación de aire**
5. **Distribución granulométrica** de los agregados:
  - Elegir esqueleto granular
  - Cálculo del módulo de finura
6. Estimación de la **cantidad de agua necesaria**

**Gráfico mezclas**

**Mezclas ejemplo**

**Ábaco I**

# Diseño de mezcla

## Secuencia tradicional (ref Método ICPA)

7. Selección de la relación agua / cemento
  - Resistencia
  - Durabilidad
8. Cálculo del contenido unitario de cemento (CUC)
9. Determinación de las cantidades de agregados por diferencia a 1000 litros de los volúmenes de agua, cemento , y aire
10. Proporcionamiento de los agregados según la curva adoptada
11. Expresar la dosificación en estado sss (o seco), para 1 m<sup>3</sup> de hormigón
12. Ajuste por % Humedad en agregados

**Ábaco 2**

**Planilla**

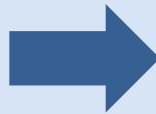
# Diseño de mezclas

## Resistencia de diseño

- **Diseño del pavimento** → Módulo Resistente a flexión (MR)
- **Diseño de la mezcla de hormigón** → Resistencia a la compresión media (potencial, en probetas cilíndricas) ( $f'_{cm}$ )
- **Especificación del hormigón** → Resistencia característica (p.e. H30)

### Métodos de diseño desarrollados en base:

- Resistencia a la compresión
- Edad: 28 días



### Correlaciones entre ambas:

- Relaciones prácticas (p.e. PCA)
- Antecedentes documentados para iguales condiciones

### Ajuste con pastones de prueba

### PCA:

$$MR = k (f'_{cm})^{0,5}$$



$$f'_{cm} = (MR / k)^2$$

K = 0,7

K = 0,8

canto rodado  
piedra partida

# Diseño de mezclas

## Estimación de la resistencia de diseño

### 'Sn' conocido

El **mayor valor** entre los resultantes para cada MODO de producción

**MODO 1** (CIRSOC)

$$f'_{cm} = f'_{ck} + 1,34.S_n$$

$$f'_{cm} = f'_{ck} + 2,33.S_n - 3,5 \text{ MPa}$$

**MODO 2** (CIRSOC)

$$f'_{cm} = (f'_{ck} + 5 \text{ MPa}) + 1,34.S_n$$

$$f'_{cm} = f'_{ck} + 2,33.S_n$$

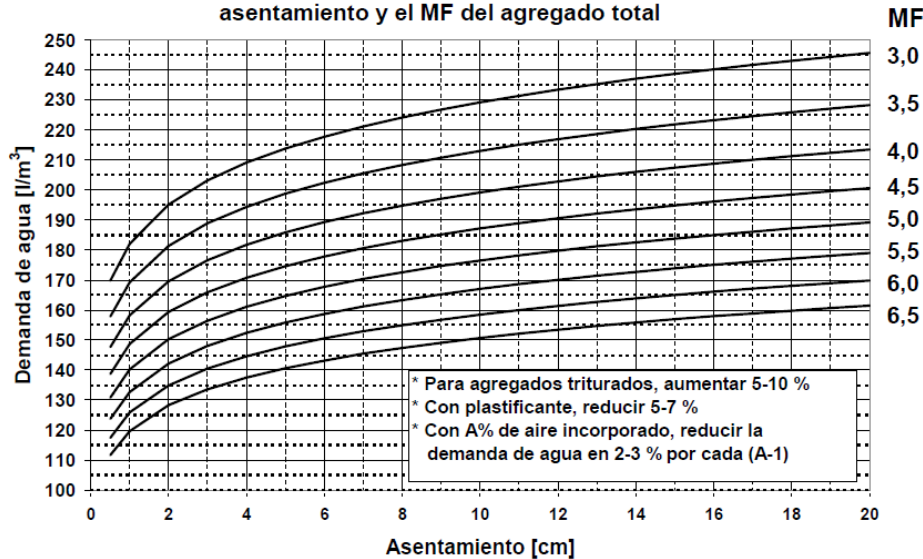
### 'Sn' desconocido

Resistencia especificada (f'ck) [MPa]	Resistencia de diseño de la mezcla (f'cm) [MPa]
< 20	f'ck + 7,0
20 - 35	f'ck + 8,5
> 35	f'ck + 10,0

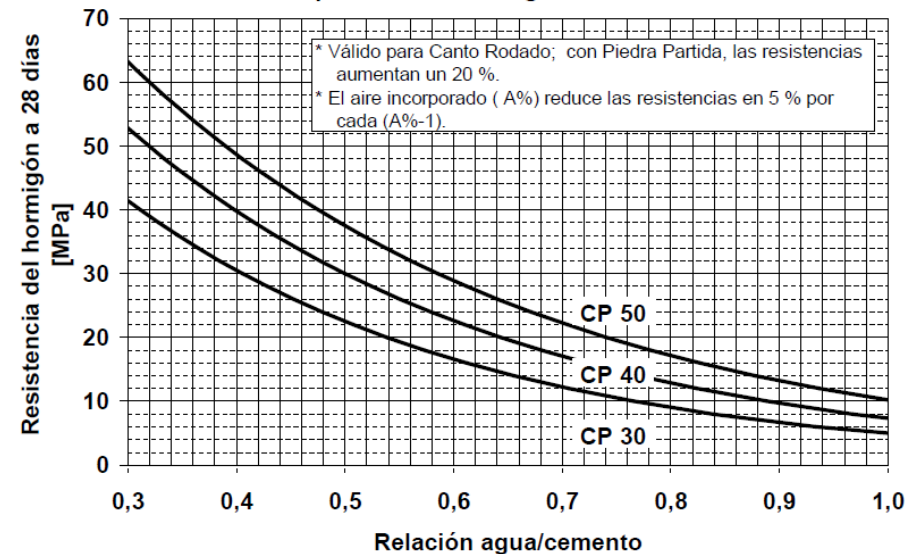
# Diseño de mezcla

## Secuencia tradicional (ref Método ICPA)

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



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



- Hormigones convencionales y de peso normal
- Ábacos para agregados de peso normal, de tipo canto rodado, sin aditivos

# Mezcla de agregados

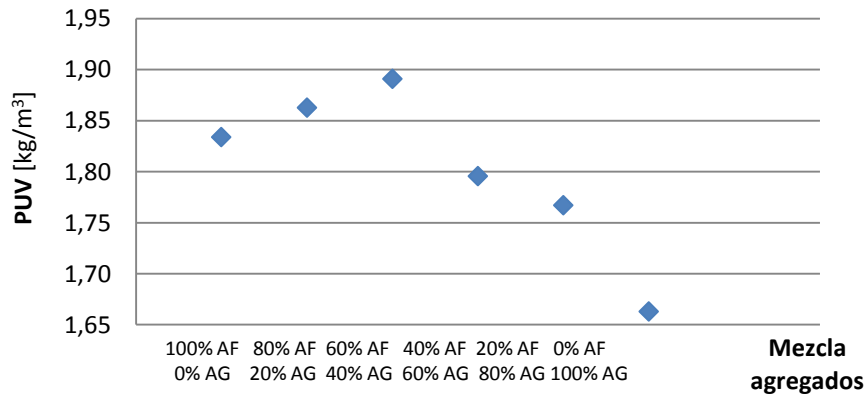
## Hormigones convencionales y fast-track

### Determinación de las proporciones óptimas:

- Según normas o desempeño previo comprobado
- Ábacos
- Criterios de máxima compacidad

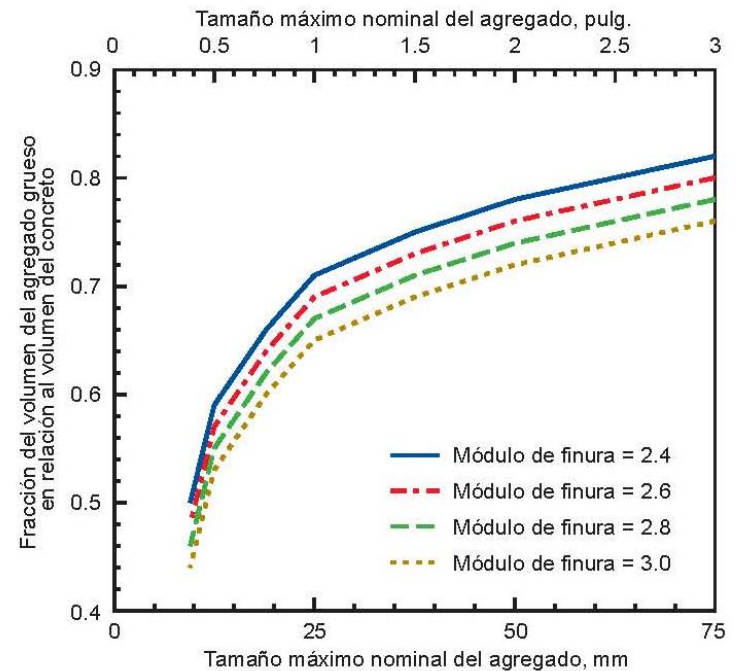
+ Ajustes

### Criterio máxima compacidad



No siempre máxima compacidad es aplicable, teniendo en cuenta las condiciones de trabajabilidad requeridas

### ACI. Volumen de AG por unidad de volumen de hormigón, en función del TM y MF





# Diseño de mezcla

## Secuencia recomendada para pavimentos TAR

1. Elegir / optimizar el esqueleto granular en base a límites objetivo sobre retenidos parciales
2. Determinar contenido de vacíos del esqueleto granular
3. Elegir sistema pasta cementicia (tipo cemento, adiciones, a/c, % aire, aditivos)

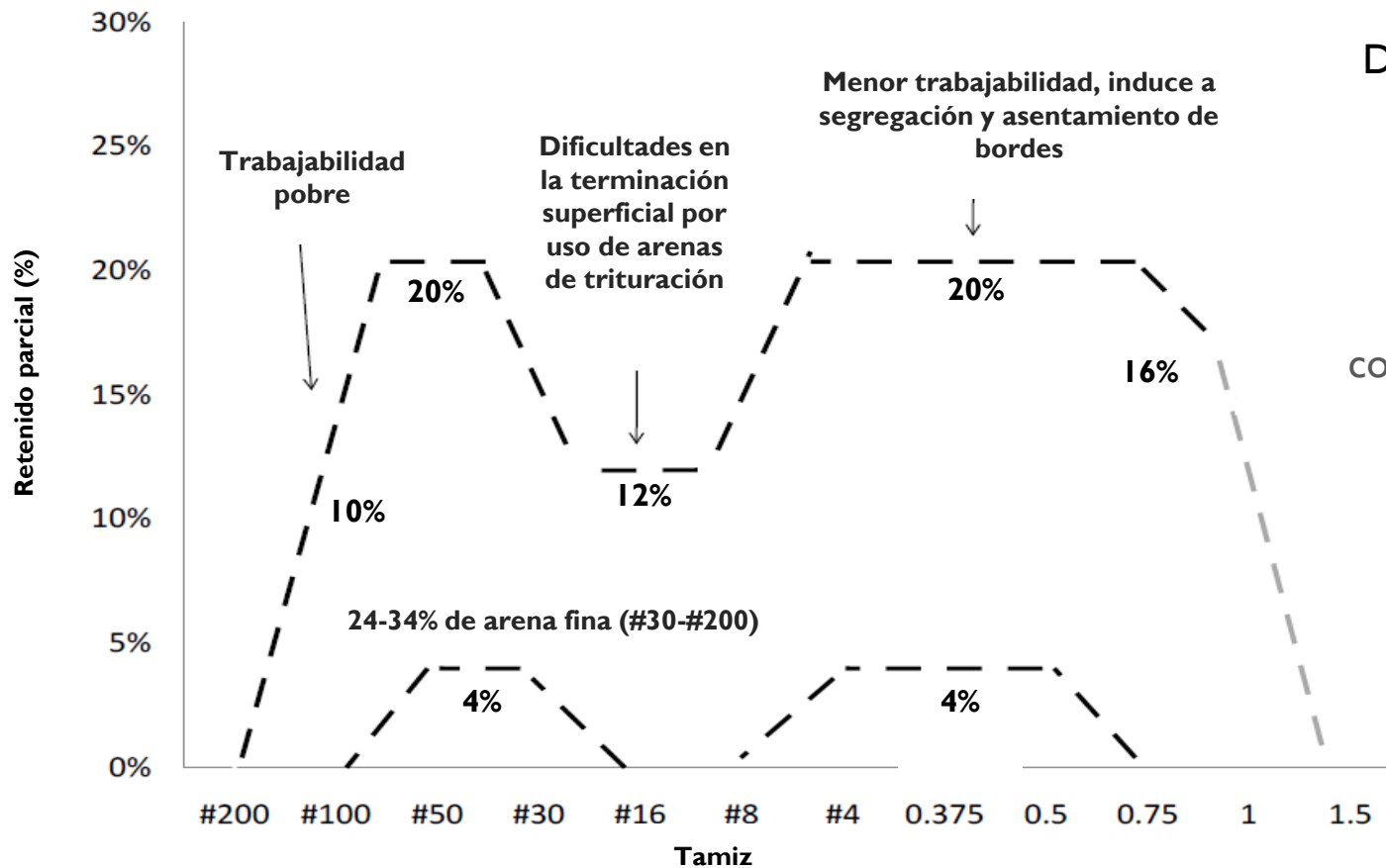
Properties	w/cm	air	F fly ash	C fly ash	slag
Workability↑	↑	↑	↑	↑	↑
Ultimate strength ↑	↓	↓	↑	↑	↑
Permeability ↓	↓	↓	↓	↓	↓
Chloride ingress ↓	↓	↓	↓	↓	↓
Sulfate resistance ↑	↓	↓	↑	↕	↑
Freeze-thaw resistance ↑	↓	↑	↔	↔	↔
Durability ↑	↓	↓	↑	↑	↑

Taylor

\*The effects of chemical admixtures are not provided due to their effect depends on the type and dosage of the admixture being used.

4. Cuantificar volumen de pasta necesaria con el volumen de vacíos

# Mezcla de agregados Para hormigones TAR



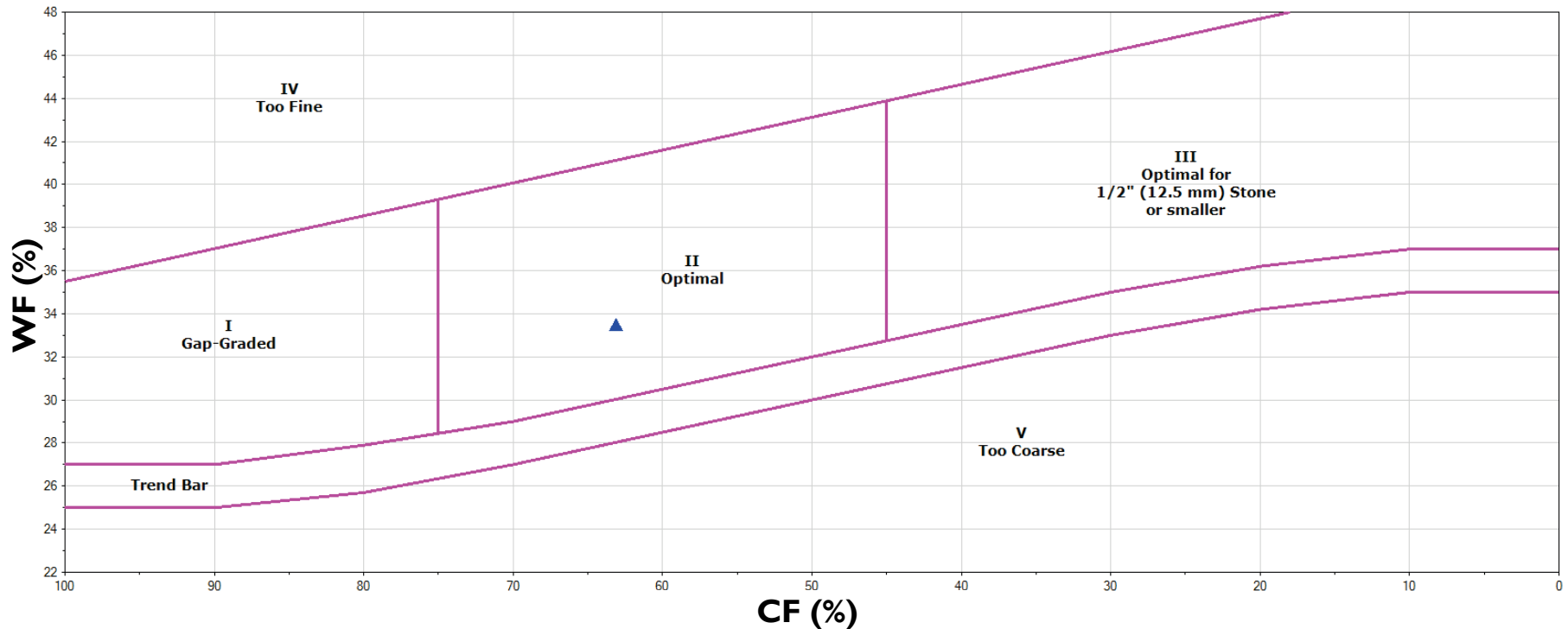
**“Tarántula”**  
 Densidad óptima para la trabajabilidad adecuada y necesaria (Máxima compacidad puede afectar la trabajabilidad)

Cook et al.  
2013

**Ajuste granulométrico  $V_{vacíos} \approx 20\%$**

# Mezcla de agregados Para hormigones TAR

## Otra alternativa para diseño de la mezcla de agregados



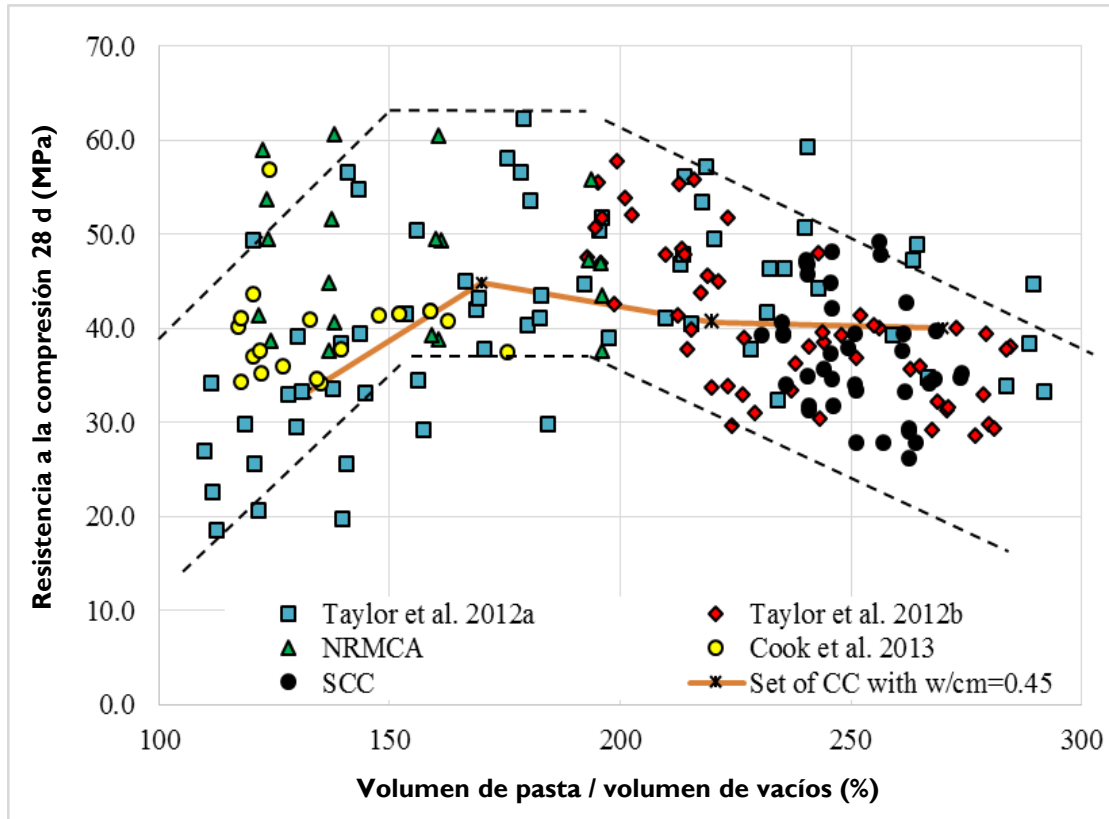
ACI 302

$$CF (\%) = (\% \text{ Retenido acumulado } 3/8'' / \text{ Retenido acumulado } \#8) * 100$$

$$WF (\%) = \% \text{ Pasa tamiz } \#8$$

# Hormigones TAR

## Contenido de pasta



Taylor

**AJUSTE PASTA CEMENTICIA**  
 $V_{pasta} \approx 175\% \cdot V_{vacíos}$

Si  $V_{pasta} < 175\% \cdot V_{vacíos}$ , reductores de agua no ofrecen mejoras en la consistencia

# Diseño de mezclas

## Resistencia de diseño

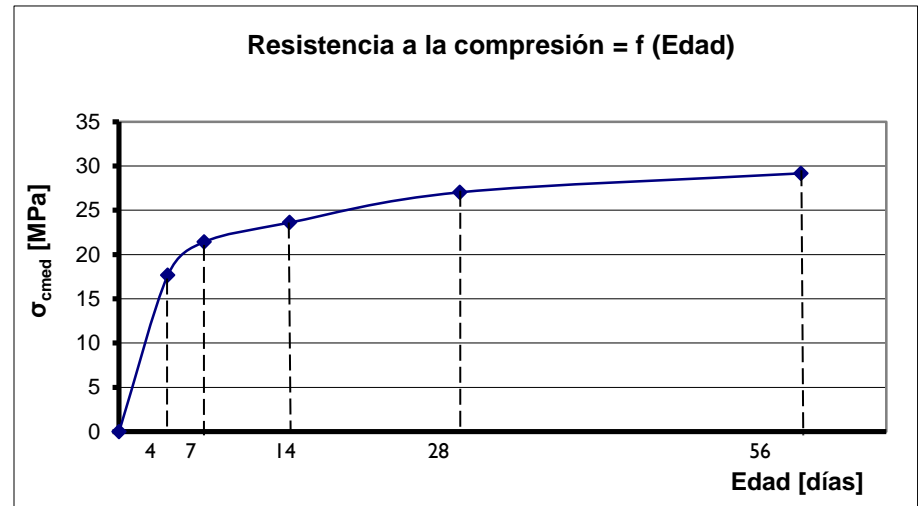
### Diseño para edades distintas a 28 d

**Edad  $\neq$  28 días**



Usar relación de resistencias entre 28 d y la edad de diseño

**Ejemplo:** Diseño a 7 días



**Si  $f'_{cm} = 35$  MPa a 7 d y**

**$f'_{cr.7\text{días}} / f'_{cr.28\text{días}} = 80\%$ , entonces**



**Resistencia de diseño a 28 d:  $f'_{cm} = 35 \text{ MPa} / 0,80 = 44 \text{ MPa}$**

# Diseño de mezclas

## Bases para el diseño

### Consistencia (asentamiento) objetivo

- Para colocación con **molde fijo**: 7 a 10 cm (Caso pavimentos urbanos)
- Para colocación **con encofrado deslizante**: 2 a 4 cm (Caso TAR)

### Influencia del tipo de agregado

**Bordes  
angulosos y  
caras rugosas**



**Incremento** de la resistencia mecánica  
(Trabazón, adherencia)

**Textura  
rugosa**



**Mayor demanda de pasta**

**Combinación  
de fracciones**



**Minimizar vacíos → minimizar pasta**

# Diseño de mezclas

## Bases para el diseño

### Incorporación intencional de aire

- **Por durabilidad:**  
Ver CIRSOC 201 - Durabilidad

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Total de aire natural e intencionalmente incorporado al hormigón, de acuerdo con el tipo de exposición o para hormigones especiales (Capítulo 2, Tablas 2.5. y 2.7.)	
	Exposición tipo C1 y hormigón a colocar bajo agua	Exposición tipo C2
mm	% en volumen	% en volumen
13,2	5,5 ± 1,5	7,0 ± 1,5
19,0	5,0 ± 1,5	6,0 ± 1,5
26,5	4,5 ± 1,5	6,0 ± 1,5
37,5	4,5 ± 1,5	5,5 ± 1,5
53,0	4,0 ± 1,5	5,0 ± 1,5

- **Por trabajabilidad:**  
En TAR, si fuere necesario: ~ 4-6 % (Total hormigón)

# Hormigones TAR

## Lineamientos base

- CUC moderado, preferentemente  $< 350 \text{ kg/m}^3$
- $a/c \sim 0,40$
- MF AgTotal  $\sim 5,5$  a  $6,0$  (AF  $\sim 36-40 \%$ )
- Asentamiento: 2-4 cm
- Resistencia a la compresión:  $\sim H30$
- Resistencia tracción por flexión:  $\sim 4,5 \text{ MPa}$
- Capacidad de exudación: 2-3 % -tip-
- CET Hormigón  $\leq 10,5 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$



# Hormigones Fast-Track

## Lineamientos base

- CUC elevado
- a/c ~ 0,37 - 0,40
- Asentamiento: 7-10 cm (molde y regla)
- Resistencia a la compresión: ~ H30
- Resistencia tracción por flexión: ~ 4,0 – 4,5 MPa

# Hormigones HCR para pavimentos

## Lineamientos base

- Ajustar cuidadosamente la mezcla de agregados, y mantener uniformidad
- La resistencia conserva fuerte vínculo con la densidad lograda
- TM no mayores a 19,0 mm son preferibles; % pasa #200 entre 2 al 8 %
- CUC: 80 a 160 kg/m<sup>3</sup> (10-16 % de “masa agregados (s) + mat cementicio” )
- Humedad de la mezcla: ~ 7 - 8 %
- Consistencia muy seca:  $T_{VEBE} = \sim 30 \text{ s}$
- El curado es clave! (rociado, membranas plásticas o capa asfáltica)

# Diseño de mezclas

## Verificación y ajuste

- Todo **método racional** entrega una **dosificación teórica**. **Verificarla y ajustarla en escala de laboratorio y producción**
- Generalmente, la dosificación debe ser sometida a consideración por la Inspección con la debida anticipación.
- Verificar la dosis de aditivos y la oportunidad de incorporación
- Trazar la curva de evolución de resistencia para el conjunto de materiales utilizados

# Diseño de mezclas para pavimentos de hormigón

Ing. Matías Polzinetti

matias.polzinetti@icpa.org.ar

**San Martín 1137 | 1° Piso**

**Ciudad Autónoma de Buenos Aires | Argentina**

Teléfono: (+54 11) 4576 7695 / 7690 | [www.icpa.org.ar](http://www.icpa.org.ar)

