



Empleo de Hormigón Dosificado en Obra

Racionalización de la Dosificación en Volumen



Introducción

- Un alto porcentaje del hormigón que se emplea en obras pequeñas, se dosifica en volumen.
- Sin embargo, cuando los componentes se miden en baldes, **no se tiene en cuenta la calidad del material elaborado.**
- Los escasos o nulos controles sobre los procesos de dosificación, elaboración, compactación, y curado, generan **variaciones importantes en la resistencia**, y caídas en la durabilidad, seguridad, y economía de las obras.

Paradoja

“Paradójicamente, un hormigón bueno y uno malo están constituidos por los mismos materiales, y la diferencia radica en como están hechos”

Adam Neville



Desafío

- **Nuestro desafío será entonces modificar prácticas muy difundidas y arraigadas en el ámbito de la construcción.**
- **Ello no implica mayores costos, sino por el contrario, genera economía.**
- **Podremos entonces afirmar que:**
Sólo con materiales adecuados, bien dosificados, y medidos correctamente, se obtendrá un hormigón de BUENA CALIDAD.

Etapas en la obtención del Hormigón

- **Selección de los componentes**
- **Medición de los materiales**
- **Mezclado, transporte, colocación, compactación (estado fresco)**
- **Transición a estado sólido (fraguado)**
- **Hormigón endurecido (proceso lento / protección y curado)**

Dosificaciones Empíricas (1)

- Se las transmite verbalmente, y se las recomienda y utiliza de acuerdo a la experiencia.
- En general no se establecen en peso las cantidades de los materiales para elaborar el hormigón, y se miden los componentes en volumen.
- Se identifican con las proporciones en volumen de:
 “cemento : arena : piedra” (ej: 1:3:3)
- **Las cantidades varían pastón a pastón**, en función de las variaciones en el nivel de llenado de los canastos utilizados, por el contenido de humedad de la arena y por el grado de compactación.

Dosificaciones Empíricas (2)

EN GENERAL NO SE TIENE EN CUENTA:

- El contenido de cemento empleado.
- La cantidad de agua, que además varía de pastón a pastón.
- El asentamiento de la mezcla.
- La variación en las mediciones de los componentes y en consecuencia en las propiedades del hormigón resultante.
- La resistencia que se alcanzará.
- La durabilidad del hormigón.

*Se desconoce, entonces,
la calidad del hormigón.*

Marco Legal

El Reglamento Cirsoc 201-02 permite el uso de dosificaciones empíricas si se cumple:

- Clase del Hormigón H-15
- Condición de exposición A1
- Se deben asegurar los CUC mínimos y emplear cementos IRAM 50.000
- No se emplearán aditivos de ningún tipo
- No será de consistencia muy seca ni muy fluida
- El cemento se medirá en peso o en bolsa llena.

Recomendaciones (1)

- Sólo para estructuras de pequeño volumen y de importancia estructural secundaria.
- No se empleará en estructuras laminares, losas sin vigas, ni en hormigón pretensado.
- Las estructuras no deben quedar expuestas a la intemperie ni a la acción de medios agresivos.
- La totalidad de las cargas previstas actuarán luego de 45 días. En dicho período no se tendrán en cuenta los días en que la temperatura haya sido inferior a los 5 °C.
- El cemento y los agregados serán de origen bien conocido y los áridos de peso normal.
- El tiempo de mezclado mínimo será de 90 segundos.

Recomendaciones (2)

- El contenido unitario de cemento (CUC) será de 300 Kg/m³ para obras en elevación y de 350 Kg/m³ para fundaciones de H°A°, todo sector de la estructura donde la permeabilidad sea un factor determinante, y para hormigones de consistencia fluida.
- El agua será la mínima necesaria para obtener una trabajabilidad adecuada, y en ningún caso superará los 200 litros/m³.
- El asentamiento nunca excederá los 16 cm.
- No se colocarán mezclas en las que sea evidente la segregación de agua, lechada o agregado grueso.

Conclusiones preliminares

- El Reglamento CIRSOC 201-02 penaliza y acota fuertemente las dosificaciones empíricas.
- Esto se funda en la importante variabilidad que se obtiene al medir los componentes en canastos o baldes.

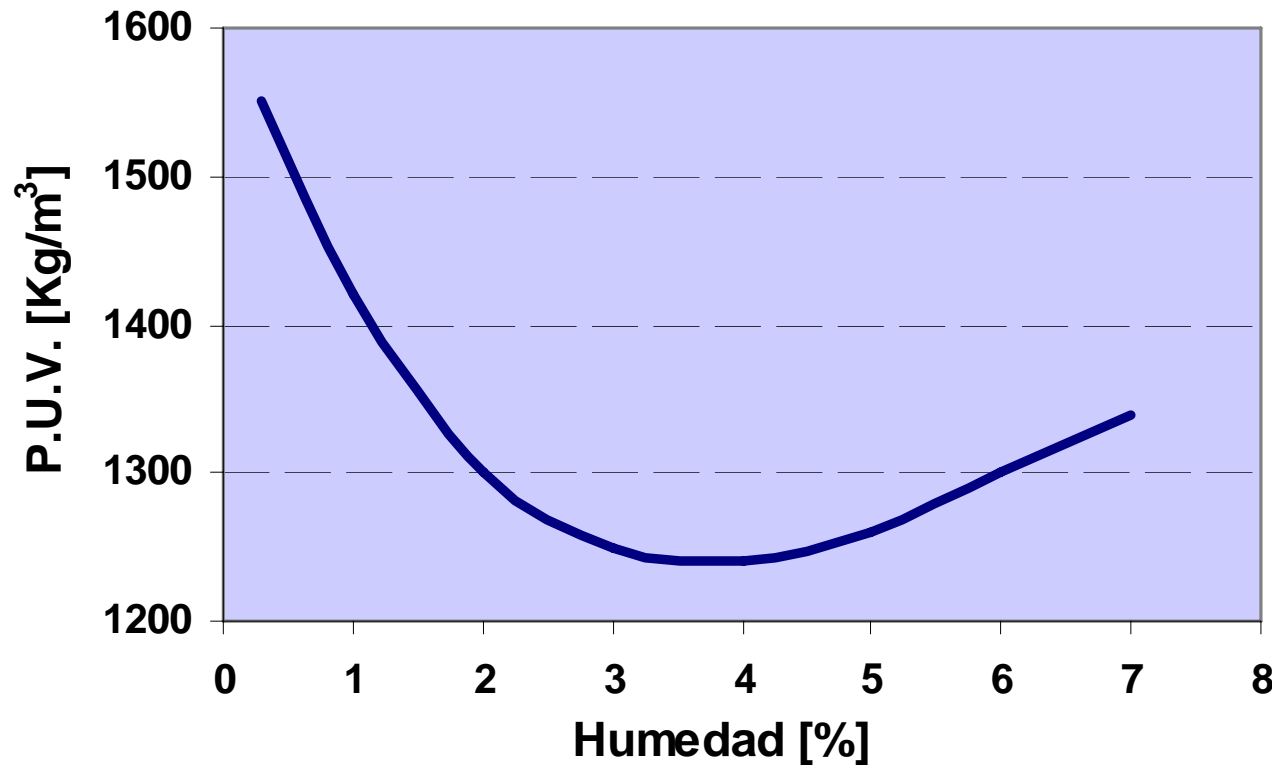
Ejemplo de Variación en la medición por canasto

	Arena natural			Piedra Partida		Cemento
Humedad [%]	0,0	4,0	7,0	0,0	0,0	0,0
Máxima [Kg]	13,3	12,8	12,9	13,8	11,2	11,2
Promedio [Kg]	12,1	11,4	11,7	12,5	10,1	10,1
Mínima [Kg]	10,8	9,9	10,4	11,2	8,9	8,9
Variación [%]		20,6		14,7		16,2

*Cuando la arena “pesa más”,
cuando está seca o mojada?*

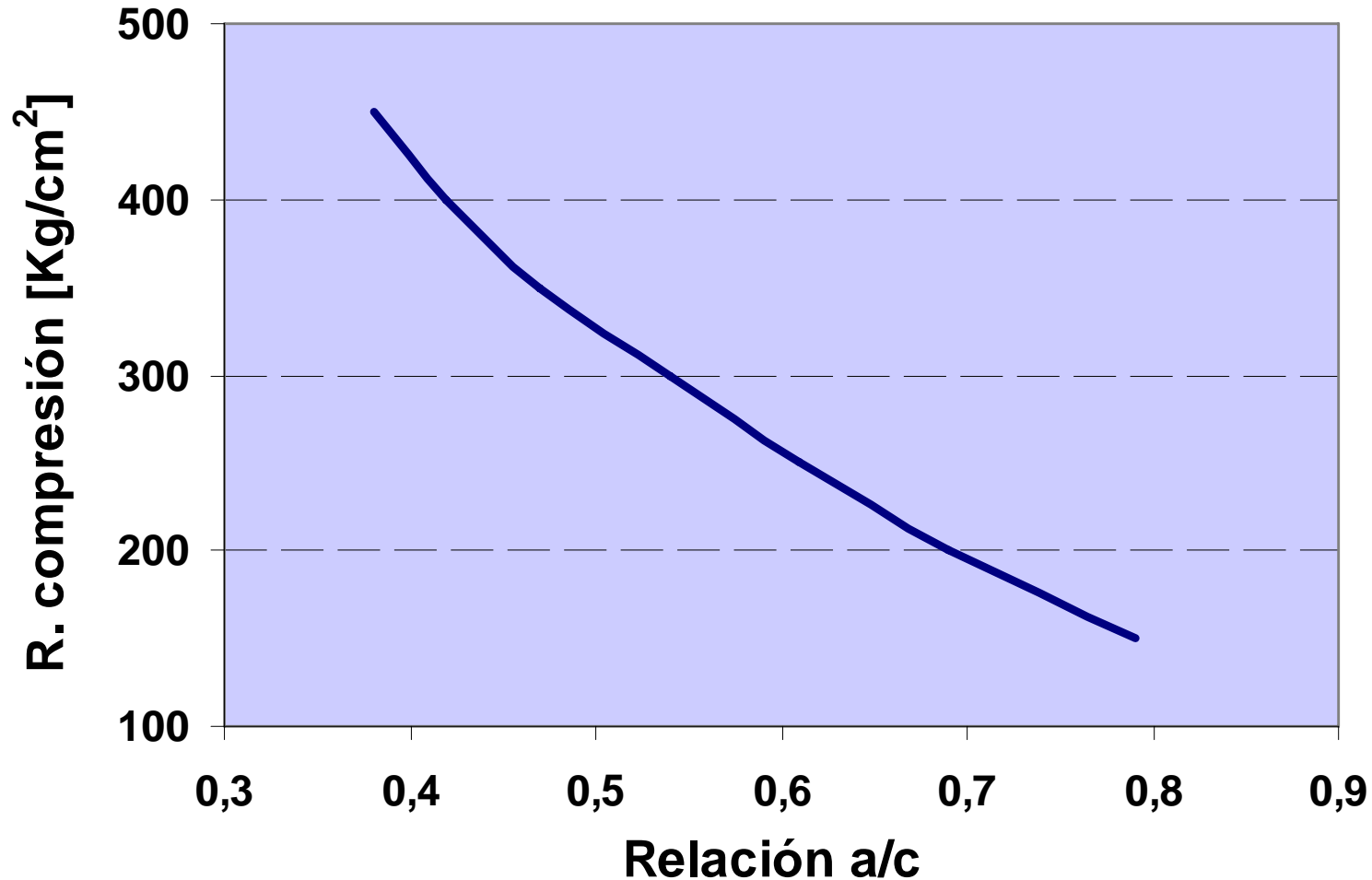


Esponjamiento de la arena



El peso unitario suelto de la arena varía en función del contenido de humedad, pudiendo llegar a diferencias de hasta el 40 %.

Resistencia en función de a/c ACI 211

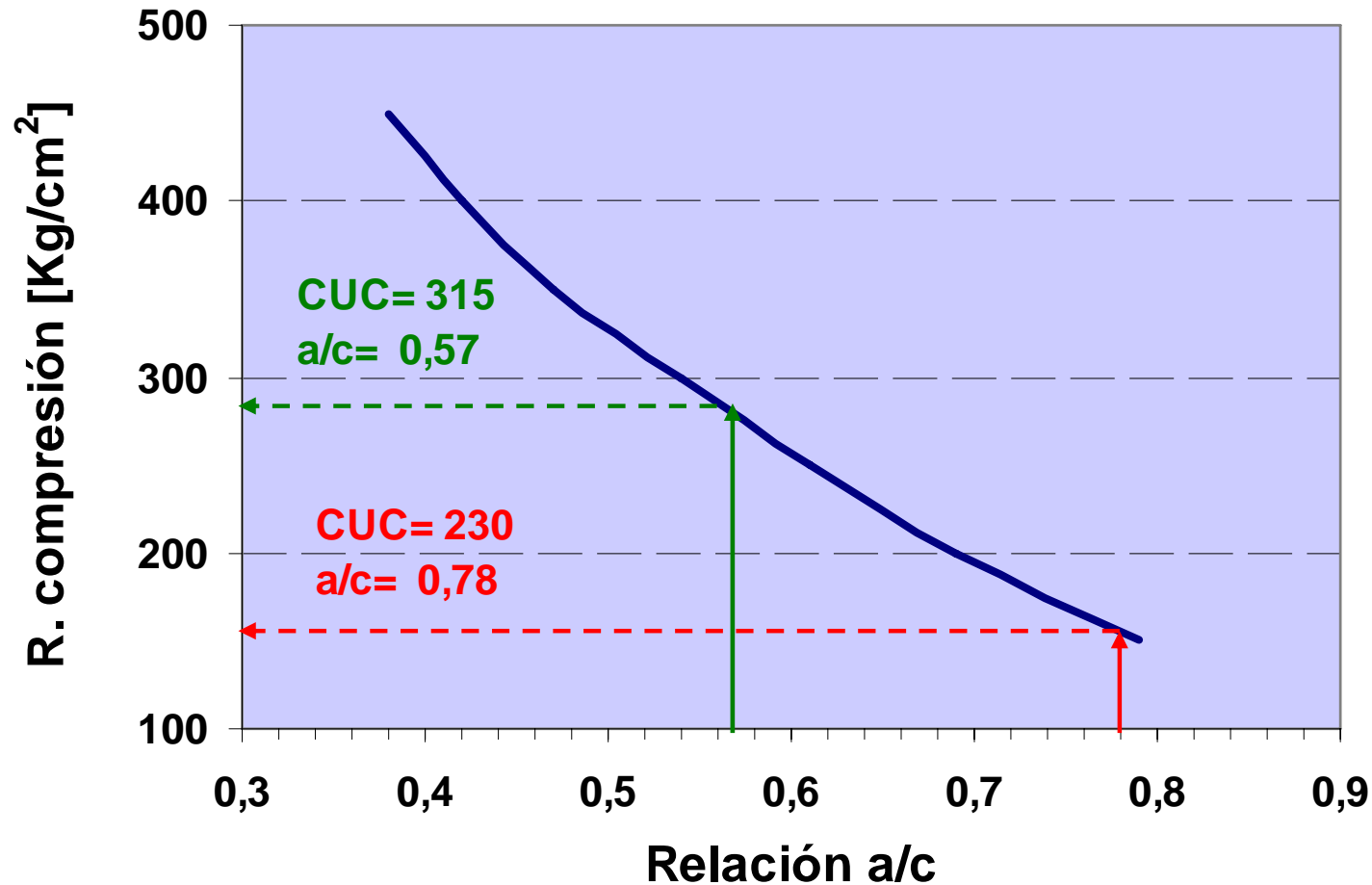


Variación del Cemento

- En la dosificación usual (1:3:3), según determinaciones realizadas, el contenido medio de cemento se puede estimar en **270 Kg/m³**.
- Si el cemento se mide en volumen empleando baldes o canastos, aplicando el C.V. indicado anteriormente, obtendremos un entorno de **fluctuación del cemento de entre 230 a 315 Kg/m³**.

Es evidente que no se encuentra asegurado el CUC mínimo

Variación de la resistencia en función del cemento empleado



*Como reduciremos esta
gran Variabilidad?*

Mezclas recomendadas por el ACI 211 para pequeñas obras

ACI 211					O.Cabrera
TM mm	Mezcla	CUC Kg	arena Kg	piedra Kg	Dosificación en volumen
19	A	363	774	979	1 : 1,5 : 2,3
	B	363	742	1011	1 : 1,5 : 2,4
	C	363	711	1042	1 : 1,4 : 2,5
25	A	347	710	1105	1 : 1,4 : 2,7
	B	347	679	1137	1 : 1,4 : 2,8
	C	347	647	1168	1 : 1,3 : 2,9

Dosificación semi - empírica

- Con el fin de **reducir la variabilidad** debemos realizar una dosificación semi - empírica, para ello debemos:
 - **Establecer una relación a/c** por condiciones de resistencia y/o durabilidad.
 - **Medir el cemento en bolsa**
 - **Medir el agua** en un recipiente calibrado.
 - **Ejecutar un pastón de prueba para ajustar la mezcla, y evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido.**

Elección de la relación a/c

Por resistencia (ACI 211)

Relación a/c	R. Comp. [Kg/cm ²]
0,38	450
0,42	400
0,47	350
0,54	300
0,61	250
0,69	200
0,79	150

Por durabilidad

CIRSOC 201

Para Hormigón con condición de exposición **A1**

a/c máx = 0,60

Ejemplo de aplicación (1)

- Si el C.U.C. indicado es de 300 Kg/m^3
- $a/c \text{ máx} = 0,60$
- El agua será: $a = 180 \text{ litros}$
- Tendremos:

$$1000 \text{ L/m}^3 - 300\text{kg/m}^3/3,15\text{kg/L} - 180\text{L}/1\text{kg/L} - 15 \text{ L} \\ = 710 \text{ litros de agregados}$$

*Conocemos el peso de cemento,
y el del agua, pero los agregados
están expresados en litros.
Como obtenemos los pesos?*

Ejemplo de aplicación (2)

- Si adoptamos un contenido de agregado fino / agregado total del 40 %, tendremos:

$$\text{Arena} = 710 \text{ litros} \times 40\% = 284 \text{ l}$$

$$\text{Piedra} = 710 \text{ litros} \times 60\% = 426 \text{ l}$$

Utilizando la expresión: **$P = V \times P.e.$**

$$\text{Arena} = 284 \text{ l} \times 2,65 \text{ kg/l} \approx 755 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = 426 \text{ l} \times 2,67 \text{ kg/l} \approx 1140 \text{ kg}$$

Fórmula de Obra resultante para elaborar un metro cúbico

Descripción	Cantidad / m ³
Cemento	300 kg
Agua	180 kg
Arena	755 kg
Piedra	1140 kg

Pasaje de 1 m³ a un pastón

- Simplemente se obtiene la relación entre el C.U.C. y el peso de la bolsa:

$$50 \text{ Kg} / 300 \text{ Kg/m}^3 \times 1000 \text{ litros/m}^3 = 166 \text{ litros}$$

- Si no se cuenta con una mezcladora de capacidad suficiente, para realizar pastones de la cantidad calculada, **se debe recurrir a las bolsas de cemento de 25 Kg**, que existen en nuestro mercado, aunque así duplicaremos la cantidad de pastones, incrementando la variabilidad.

Pasaje a volumen (1)

- Con una bolsa de 50 kg de cemento podremos realizar un pastón de unos 166 litros, equivalente a 300 kg/m^3 .
- **Cómo calculamos los otros componentes?....**
Simplemente multiplicando las cantidades por el pastón y dividiendo por 1000 $\longrightarrow 0,166$

Componente	Cant/ m^3	pastón	Cantidad/pastón
Cemento	300 kg	0,166 m^3	50 kg
Agua	180 litros	0,166 m^3	30 litros
Arena	755 kg	0,166 m^3	125 kg
Piedra	1140 kg	0,166 m^3	190 kg

Pasaje a volumen (2)

- El agua será medida en recipientes tarados o calibrados.
- El cemento se medirá en bolsa y los agregados se medirán en baldes o canastos.
- Debemos conocer entonces, el peso de un canasto lleno de arena midiéndolo en una balanza. (PUV, peso de la unidad de volumen)
- A los fines prácticos, estimamos un PUV suelto de 1,2 kg/l para la arena y de 1,3 kg/l para la piedra tendremos:
 - 1 balde de arena (de 8 litros) = $1,2 \text{ kg/l} \times 8 \text{ l} \approx 9,5 \text{ kg}$
 - 1 balde de piedra (de 8 litros) = $1,3 \text{ kg/l} \times 8 \text{ l} \approx 10,5 \text{ kg}$
- ***Necesitaremos 13 baldes (125 kg) de arena y 18 de piedra (190 kg) por cada bolsa de 50 Kg de cemento***

Pasaje a volumen (3)

- A modo de referencia podemos calcular la “dosificación tipo” a la que se correspondería la mezcla anterior, como sigue:

$$50 \text{ Kg de cemento} / \text{PUV (1,050)} / 8 \text{ litros} = 5,95$$

Llevando a la unidad nos queda: $\frac{5,95 : 13 : 18}{5,95}$

1 : 2,2 : 3,0 (cto : arena : piedra)

- Es obvio que para garantizar los 300 Kg/m^3 de cemento la mezcla es más rica que la 1:3:3

Uniformidad

- Dosificamos la mezcla por bolsa, y medimos el agua; pero ¿cómo controlamos la humedad de aporte de los agregados?
- Si mantenemos constante el asentamiento de cada pastón tendremos un buen control del agua total (agregada más aporte por los agregados).
- Debemos entonces, determinar el asentamiento en el tronco de cono.

Control de Calidad

- Es habitual en las obras pequeñas que la consistencia del hormigón se evalúe exclusivamente en forma visual, por lo se introduce una nueva variabilidad.
- Recordemos que la resistencia y la durabilidad son fuertemente dependientes de la a/c.

Por lo cual resulta imprescindible determinar el asentamiento, y las propiedades del hormigón en estado fresco y posteriormente en estado endurecido.



Muchas Gracias!!!

esouza@icpa.com.ar

www.icpa.org.ar