



Dosificación de Hormigones Normales

Materiales, Septiembre de 2015

Agenda

- Objetivos del Trabajo Práctico
- Enunciados
 - Enunciado 1.1, Cálculo de desviación estándar
 - Enunciado 1.2, Dosificación
- Conclusiones

Objetivos

- Aprender a **dosificar** hormigones con el reglamento CIRSOC 201-2005.
 - Aprender a dosificar hormigones con **requerimientos de durabilidad** diferentes
 - Aprender a dosificar hormigones con diferentes **modo de control**
 - Extraer **conclusiones**

Enunciado 1.1

Una planta elaboradora de hormigón, realiza constantemente controles de elaboración obteniendo probetas de cada pastón que produce con la misma dosificación. Cuenta con **una vasta experiencia** y tiene **certificado de calidad**

Los resultados de ensayo de las probetas se transcriben en la tabla de abajo. Se quiere determinar cuál es la **tensión característica** del hormigón elaborado y cuál es la **calidad** con la cual trabaja la planta elaboradora de hormigón.

<i>Tensión de rotura en Mpa (promedio 2 probetas)</i>			
50,10	50,60	65,79	55,48
54,34	53,78	79,56	50,62
55,23	45,61	44,70	48,60
60,15	54,70	53,84	54,98
40,23	65,39	48,75	51,85
57,30	50,21	49,80	72,38
45,73	54,99	65,98	65,77
54,67	60,87	61,20	35,88

Cálculos

50,10	50,60	65,79	55,48
54,34	53,78	79,56	50,62
55,23	45,61	44,70	48,60
60,15	54,70	53,84	54,98
40,23	65,39	48,75	51,85
57,30	50,21	49,80	72,38
45,73	54,99	65,98	65,77
54,67	60,87	61,20	35,88

Se calcula la tensión media (f'_{cm}) y desviación estándar (s) de la muestra.

$$f'_{cm} = 54,97 \text{ MPa}$$

$$s = 9,054 \text{ MPa}$$

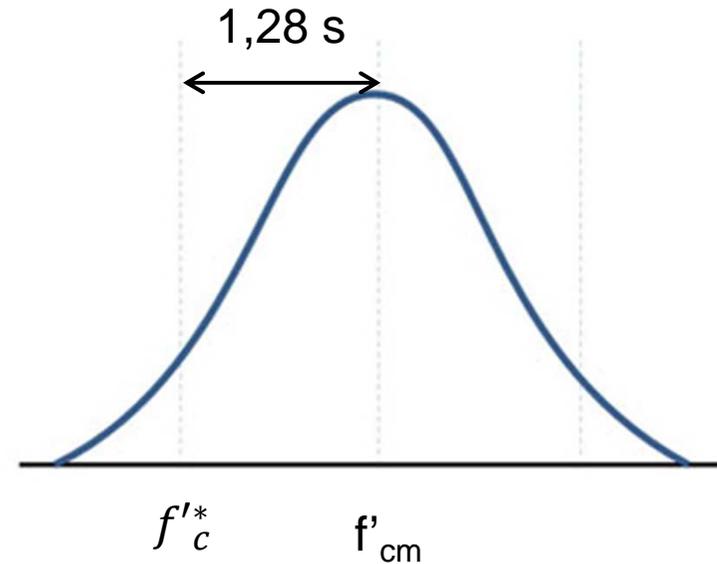
Cálculo tensión característica

Debido a que los resultados de ensayos de probetas de hormigón pueden considerarse normalmente distribuidos podemos saber que f'_c es un valor de tensión que garantiza que el 90% de las probetas ensayadas tendrá un valor de tensión de compresión superior a este.

Por lo tanto podemos estimar la tensión característica de la muestra de hormigón anterior.

Cálculo de resistencia característica:

$$f'_{cm} = f'_c - 1,28 s \quad \Rightarrow \quad f'_c = 43,38 \text{ MPa}$$



Cálculo Calidad de Elaboración

La calidad con que fue elaborada la muestra la podemos calcular utilizando el coeficiente de variación V .

$$V = \frac{s}{f'_{cm}} = \frac{9}{54,97} = 0,165$$

CONTROL		
EXCELENTE		$v < 13\%$
MUY BUENO	13%	$13\% < v < 20\%$
BUENO	20%	$20\% < v < 25\%$
REGULAR	25%	$25\% < v < 30\%$
POBRE	30%	$30\% < v < 35\%$
SIN CONTROL		$v > 35\%$

Enunciado 1.2

*Se debe dosificar un hormigón **H-25** para ser elaborado por la misma **planta elaboradora del enunciado 1.1**. El material se utilizará para hormigonar una planta de edificio de una ciudad próxima a **Rosario**, previendo una **distancia de transporte más larga** de lo habitual para esta planta elaboradora. La estructura consta de **tabiques de 12 cm** de espesor armados. El volumen a hormigonar es de **120 m³** y se debe determinar la cantidad de cada material necesario para la producción. Además, prever las medidas necesarias para la correcta disposición de este hormigón en obra, indicando si es necesario aditivos, adiciones, metodologías de compactación y cualquier otra característica que se crea conveniente.*

Enunciado 1.2

Se cuenta con acopio de áridos que están clasificados según su granulometría. Todos cumplen con las condiciones reglamentarias de CIRSOC 201:

- *Arena silícea: Módulo de finura 2,8 y densidad 2,70 kg/dm³*
- *Canto rodado: Tamaño nominal 10-20, Módulo de finura 6,5, Diam máx. 19 mm y densidad 2,70 kg/dm³*
- *Piedra partida: Tamaño nominal 10-30, Módulo de finura 7,5, Diam máx. 37,5 mm y densidad 2,70 kg/dm³*
- *Peso específico del cemento 3,15 kg/dm³*

Requerimientos por Durabilidad

Para dosificar un hormigón debemos saber que requisitos de durabilidad tiene. Para esto, debemos saber en que lugar va a ser colocado el mismo.

El material se utilizará para hormigonar una planta de edificio de una ciudad próxima a Rosario

Tabla 2.5. Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	---	---	---	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{c\ min}$ (MPa)										
Hormigón simple	---	---	---	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45

CIRSOC-201-205, Cap II

Requerimientos por Resistencia

Además, debemos saber también que resistencia necesita tener el hormigón que estamos elaborando. El enunciado dice que "*se debe dosificar un hormigón H-25 (H-25 según CIRSOC 201-2005)*".

Por lo tanto, la resistencia característica del hormigón a elaborar debe superar la necesaria por requisitos de durabilidad y resistencia. Por lo tanto:

Resistencia característica = max (Resistencia; Durabilidad)

Resistencia característica = max (25 MPa; 25 MPa)

Resistencia característica = 25 MPa

Resistencia de Diseño de la Mezcla

Modo de Producción:

*Una planta elaboradora de hormigón, realiza constantemente controles de elaboración obteniendo probetas de cada pastón que produce con la misma dosificación. Cuenta con **una vasta experiencia** y tiene **certificado de calidad***

Modo de Control I

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 s_n \quad (5-1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n - 3,5 \quad (5-2)$$

Modo de Control II

$$f'_{cr} = (f'_c + 5) + 1,34 s_n \quad (5-3)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n \quad (5-4)$$

Comparando la descripción de la norma de los modos de control con la descripción de la planta elaboradora que hace el enunciado, podemos determinar que el modo de control utilizado es el 1.

Desviación estándar

Una de las condiciones que debe cumplir la desviación estándar es la siguiente:

- e) los resultados deben pertenecer a hormigones cuya resistencia esté dentro de un intervalo de $\pm 10 \text{ MPa}$ respecto de la resistencia especificada para el Proyecto a construir.

Según los resultados del enunciado 1.1, f'_c es 43,38 MPa que supera ampliamente a la resistencia característica de 25 MPa que estamos buscando en el enunciado 1.2.

EXTRAPOLAMOS

Del enunciado 1.1 sabemos:
$$V = \frac{s}{f'_{cm}} = \frac{9}{54,97} = 0,165$$

Suponemos que v no varía para calidades diferentes:

$$V = \frac{s}{f'_{cm}} = \frac{s}{f'_c + 1,28s} = \frac{s}{25 + 1,28s} = 0,165 \quad s1 = 5,22 \text{ MPa}$$

Resistencia de Diseño de la Mezcla

Para calcular la tensión de diseño de la mezcla se utilizan las fórmulas que ofrece el reglamento para el modo de control en cuestión y la desviación estándar calculada para la calidad de hormigón deseada.

Modo de Control I

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 s_n$$

$$f'_{cr} = 25 + 1,34 \times 5,21 = 32 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 s_n - 3,5$$

$$f'_{cr} = 25 + 2,33 \times 5,21 - 3,5 = 34 \text{ MPa}$$

Esqueleto Granular

Para seleccionar el agregado grueso a utilizar calculamos el diámetro máximo posible en función del espesor del tabique: " *La estructura consta de **tabiques de 12 cm** de espesor*".

$$\phi_{max} = \frac{1}{5} 120 = 24 \text{ mm}$$

Por lo tanto la única piedra que cumple estos requisitos es el canto rodado

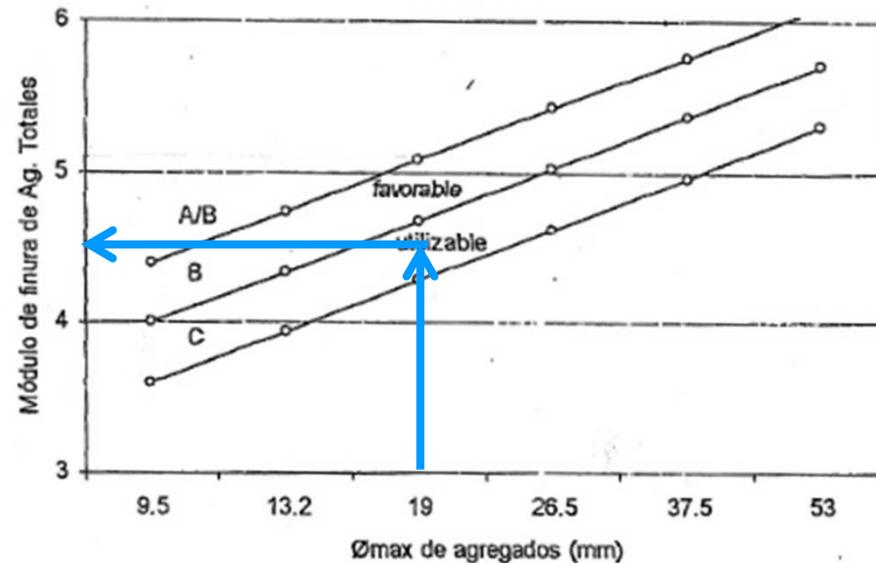
Esqueleto Granular

Para calcular la proporción de gruesos y finos a utilizar se emplea la Ley de Mezcla. Para eso necesitamos saber cuál es el módulo de finura de los agregados totales. Utilizando esta gráfica se puede calcular este último valor en función del diámetro máximo de los agregados gruesos.

$$M_f = \alpha M_s + \beta M_g$$

$$4,5 = \alpha 2,8 + \beta 6,5$$

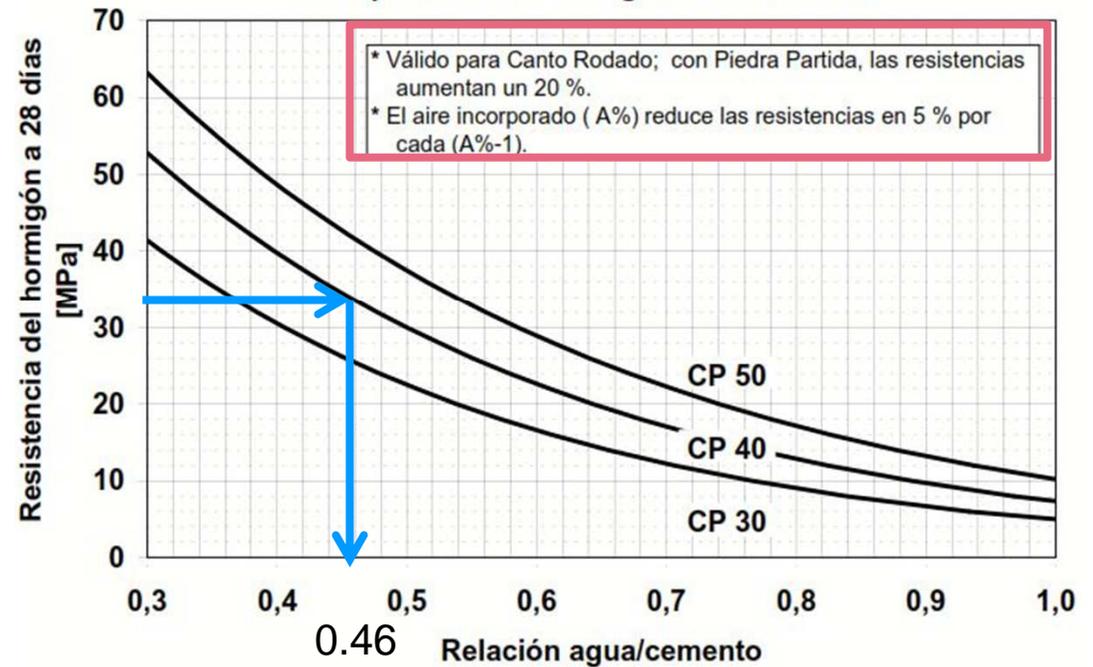
$$\alpha = 0,54 ; \beta = 0,46$$



Relación a/c

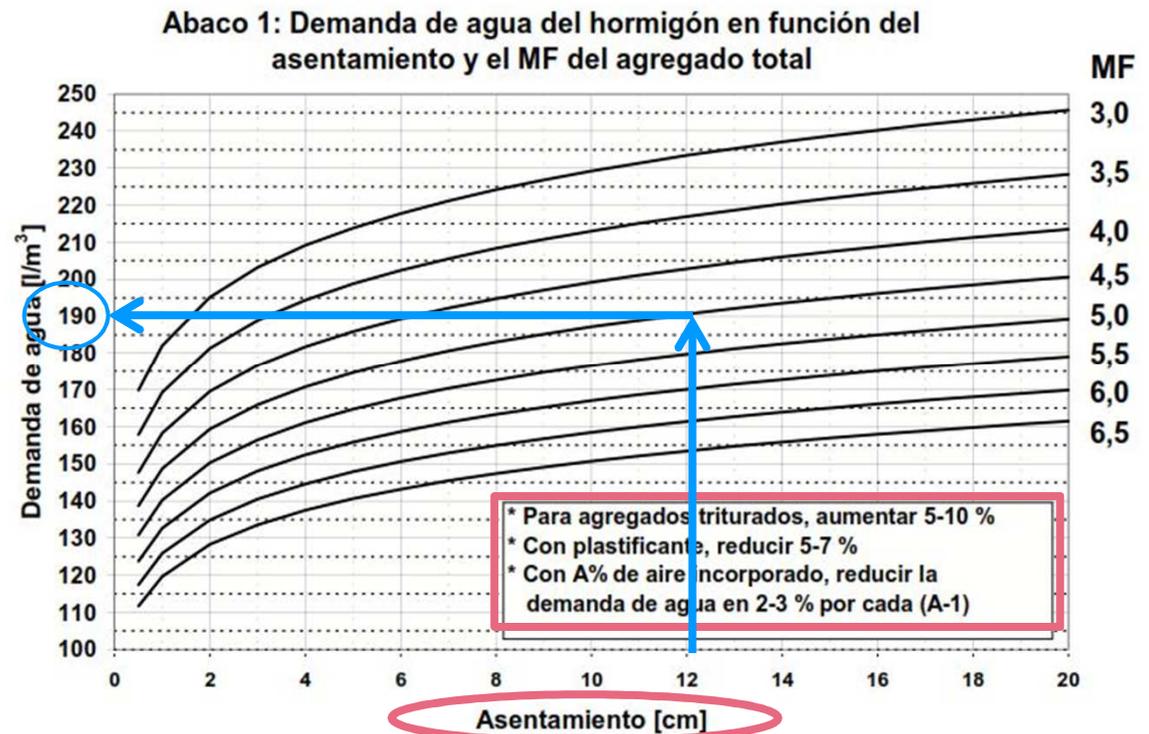
La relación a/c se puede calcular en función de la resistencia de diseño del hormigón y el tipo de cemento. Es importante tener en cuenta las restricciones de la gráfica en cuanto al tipo de agregado grueso y a la incorporación de aire. A su vez, el valor obtenido de esta gráfica no puede superar al calculado por requisitos de durabilidad.

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



Demanda de agua

La demanda de agua se calcula en función del MF de los agregados totales y el asentamiento que se le quiera dar a la mezcla. El asentamiento depende del elemento que se quiera hormigonar. En este caso como es un tabique se utiliza 12 cm. Este valor no es necesariamente único para cada elemento.



Dosificación

Con la demanda de agua calculamos la cantidad de cemento necesaria.

$$\begin{aligned} \text{Demanda agua} &= 190 \text{ l/m}^3 \\ a/c = 0,46 &\longrightarrow \text{cemento} = 413,04 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	413,04	131,12
Agua	190,00	190,00
Agregado S		
Agregado G		
Aire	0,00	20,00
Total		1000,00

A partir de esta tabla podemos calcular el volumen de los agregados pétreos ya que el volumen final de la mezcla no puede ser mayor a 1000 dm3

$$Vol_{Agr} = 1000 - Vol_{cemento} - Vol_{agua} - Vol_{aire}$$

Dosificación

$$Vol_{Agr} = 1000 - Vol_{cemento} - Vol_{agua} - Vol_{aire}$$

$$Vol_{Agr} = 658 m^3$$

Utilizando las proporciones de α y β ya calculadas calculamos el volumen de cada agregado:

$$\alpha = 0,54 ; \beta = 0,46$$

$$Vol_{AgrS} = 356 dm^3$$

$$Vol_{AgrG} = 302 dm^3$$

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	413,04	131,12
Agua	190,00	190,00
Agregado S		356,15
Agregado G		302,73
Aire	0,00	20,00
Total		1000,00



X densidad
agregados

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	413,04	131,12
Agua	190,00	190,00
Agregado S	961,60	356,15
Agregado G	817,36	302,73
Aire	0,00	20,00
Total	2382,01	1000,00

El peso de los agregados pétreos lo calculamos multiplicando el volumen por la densidad

Resultado

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	413,04	131,12
Agua	190,00	190,00
Agregado S	961,60	356,15
Agregado G	817,36	302,73
Aire	0,00	20,00
Total	2382,01	1000,00

X 120 m3

Además:

Debido a que el hormigón debe recorrer una gran distancia debemos colocar un retardador de fragüe.

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	49.565,22	15.734,99
Agua	22.800,00	22.800,00
Agregado S	115.392,18	42.737,84
Agregado G	98.083,35	36.327,17
Aire	0,00	2.400,00
Total	285.840,75	120.000,00