

Dosificación del Hormigón

Desarrollo analítico del diseño de la mezcla. Método ICPA.

Se debe elaborar H2O para una losa de una superficie $35m^2$ con un espesor de 0,15m

La dosificación para hormigones sin armar de clase H-15, se puede establecer en forma empírica¹. Para hormigones de clase superior no se debe realizar de forma empírica.

Requerimiento por durabilidad

Recurrir a la siguiente tabla de Cirsoc 201, donde evaluaremos en que ambiente estará expuesto y bajo qué condiciones prestará en servicio las estructuras que proyectamos.

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	EXPOSICIÓN	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
A 1	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de edificios no sometidos a condensaciones Elementos exteriores de edificios, revestidos Hormigón masivo interior Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> Interiores de edificios protegidos de la intemperie Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.
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"> Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos 	<ul style="list-style-type: none"> Sótanos no ventilados Fundaciones Tableros y pilas de puentes Elementos de hormigón en cubiertas de edificios Exteriores de edificios. Interiores de edificios con humedad del aire alta o media Pavimentos Losas para estacionamientos
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año ≥ 25° C. 	

Encontramos que cumple con las condiciones de un ambiente A1. Pasamos a la siguiente tabla

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	0,60	0,50	0,50	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	20	25	30	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

Con esta información se determina que por razones de durabilidad el hormigón debe tener una resistencia característica mínima de 20 MPa y una relación agua/cemento máxima de 0,60

¹ Cirsosc 201 capítulo 5

Requerimiento por Resistencia

Le otorgaremos un cuantil del 10% de 20Mpa

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

Resistencia característica = máx. (Resistencia; Durabilidad)

Resistencia característica = máx. (20 MPa; 22 MPa)

Resistencia característica = 20 MPa

Resistencia de Diseño de la mezcla

Modo de producción

Se propone una dispersión para pastones iniciales, para los cuales no se conoce la desviación estándar

Tabla 5.5. Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estándar para hormigones sin armar y armados

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

En este caso tomaremos $f'_{cr} = f'_c + 7,0$

$$f'_{cr} = 20 + 7,0 = 27 \text{ Mpa}$$

Se podrían realizar otros métodos de control de los cuales necesitaremos saber la desviación estándar que obtiene en la producción. Para lo que utilizaremos las siguientes formulas:

- a) La **resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos** consecutivos cualesquiera, es igual o mayor que la resistencia especificada.

$$f'_{cm3} \geq f'_c \quad (4-2)$$

- b) El **resultado de cada uno de los ensayos** es igual o mayor que la resistencia especificada **menos 3,5 MPa**.

$$f'_{ci} \geq f'_c - 3,5 \text{ MPa} \quad (4-3)$$

Modo 1

- a) La **resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos** consecutivos, correspondientes al hormigón evaluado, es igual o mayor que la resistencia especificada **más 5 MPa**.

$$f'_{cm3} \geq f'_c + 5 \text{ MPa} \quad (4-4)$$

- b) El **resultado de cada uno de los ensayos** será igual o mayor que la resistencia especificada:

$$f'_{ci} \geq f'_c \quad (4-5)$$

Modo 2

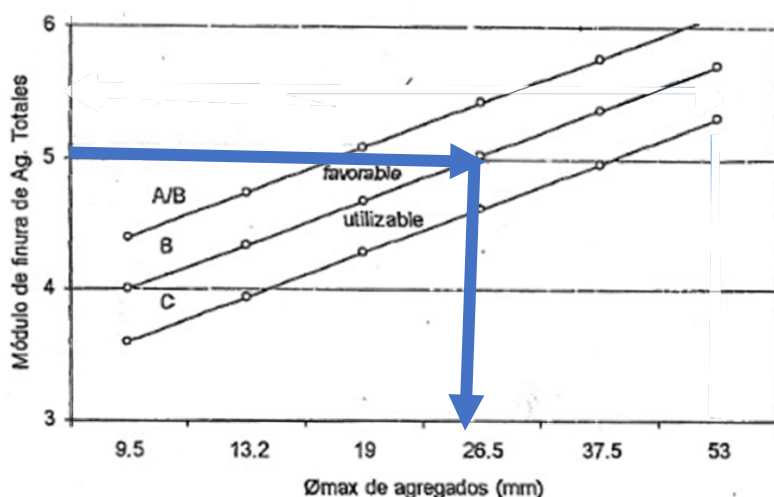


Esqueleto granular

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.

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

$$M_f = \alpha 2,94 + \beta 7 = 4,9 \quad \text{donde} \quad \alpha = 0,50; \beta = 0,50$$



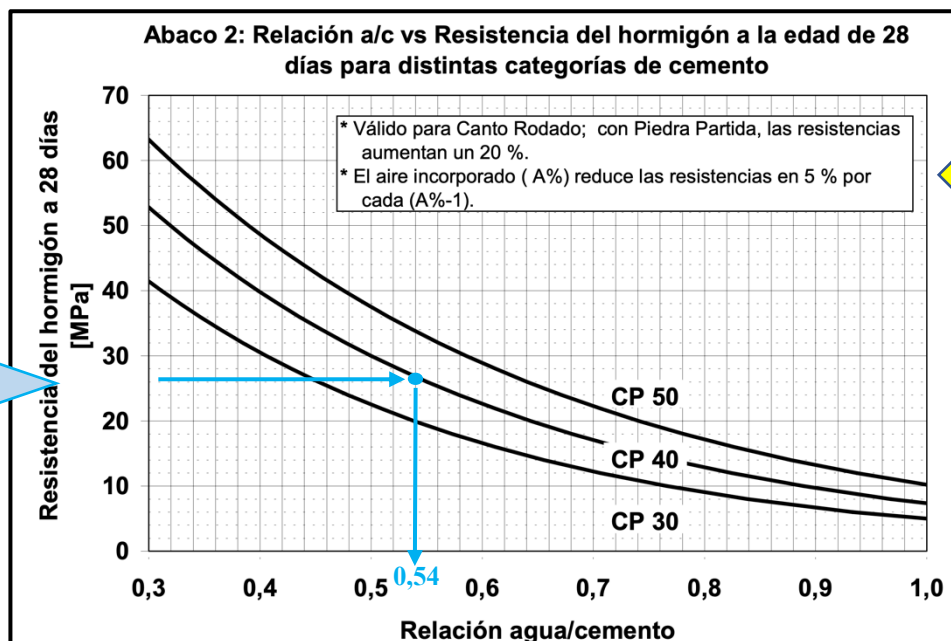
Proporción de cada tipo de árido.

En este caso se usan solo dos tipos de áridos. La suma de estas proporciones debe ser igual a 1. En este caso usaremos 50% y 50%, es una aproximación aceptable, en general.

Relación a/c (Agua/Cemento)

La relación a/c se puede calcular en relación de la resistencia de diseño del hormigón y el tipo de cemento. **Tener en cuenta el tipo de agregado grueso y si se incorporara aire que realizaran modificaciones a la resistencias**

Ya que el agregado grueso es de canto rodado (no es piedra partida) se debe disminuir la tensión de entrada a la tabla no aumentara un 20% $f'_c = \frac{f^*}{1} = \frac{27}{1} = 27 \text{ Mpa}$



Se ingresa con 27 Mpa

Ingresamos con 27Mpa y obtenemos 0,54 **solo si es cemento CP40**. Si trabajamos con otro cemento CP50 ingresamos con 27 y obtenemos 0,64.



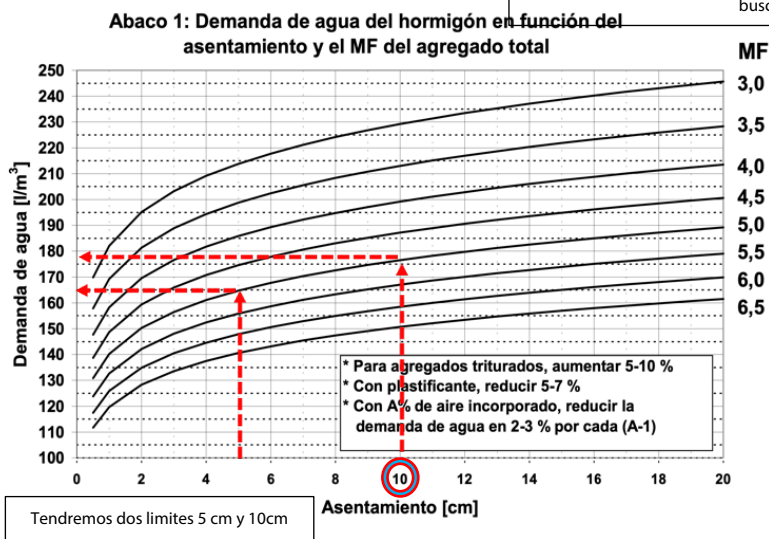
Demanda de agua

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 una losa se utiliza **10 cm**. Este valor no es necesariamente único para cada elemento.

Agua según ábaco = $177l/m^3$

Debido a que los agregados utilizados habitualmente no son triturados, no varía su relación

Si luego se va a incorporar un fluidificante se puede ingresar con asentamiento = 5, en lugar de 10



Dosificación

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

$$\text{Demanda de agua} = 177 \frac{l}{m^3}$$

$$a/c = 0,54 \rightarrow c = a/0,54 \rightarrow \text{Cemento} = 177/0,54 = 327,7 \frac{kg}{m^3}$$

Componente	Peso para 1m3 de Hº (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3	Peso (SSS) por m3 de Hº (4) kg	Peso húmedo para 1m3 (5) kg
Agua					
Cemento					
Agr S					
Agr G					
Aire	---				
Aditivo					
SUMAS					

Agr S (Sand Aggregate)
Agr G (Gravel Aggregate)

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

Componente	Peso para 1m3 de Hº (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3	Peso (SSS) por m3 de Hº (4) kg	Peso húmedo para 1m3 (5) kg
Agua	177	1	177		
Cemento	327	3,1	105		
Agr S		2,65			
Agr G		2,65			
Aire	---		---		
Aditivo	---		---		
SUMAS	504,00		1000	0,00	0,00

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

$$Vol_{Agr} = 1000 - (105 + 177) = 718dm^3$$

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

$$\alpha = 0,50 ; \beta = 0,50 \quad Vol_{AgS} = 359dm^3 \quad Vol_{AgG} = 359dm^3$$

Componente	Peso para 1m3 de Hº (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3	Peso (SSS) por m3 de Hº (4) kg	Peso húmedo para 1m3 (5) kg
Agua	177	1	177		
Cemento	327	3,1	105		
Agr S		2,65	359		
Agr G		2,65	359		
Aire	---		---		
Aditivo	---		---		
SUMAS	504		1000	0,00	0,00

Por la densidad de los agregados 2,65

Componente	Peso para 1m3 de Hº (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3	Peso (SSS) por m3 de Hº (4) kg	Peso húmedo para 1m3 (5) kg
Agua	177	1	177		
Cemento	327	3,1	105		
Agr S	951	2,65	359		
Agr G	951	2,65	359		
Aire	---		---		
Aditivo	---		---		
SUMAS	2406		1000	0,00	0,00

Peso Hormigón Seco

Sólo nos queda completar la columna correspondiente a los pesos SSS. Para ello, tendremos que multiplicar cada peso del agregado (columna 1) por el término $(1 + A\%/100)$. Los valores correspondientes al cemento y el agua no cambian, es decir, se transcriben los de la columna 1.

Componente	Peso para 1m3 de Hº (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3	Peso (SSS) por m3 de Hº (4) kg	Peso húmedo para 1m3 (5) kg
Agua	177	1	177	177	
Cemento	327	3,1	105	327	
Agr S	951	2,65	359	960	
Agr G	951	2,65	359	960	
Aire	---		---		
Aditivo	---		---		
SUMAS	2406		1000	2424	0,00

A% Absorción
 Columna (1) x (1+A%/100)
 $951 \times (1 + 0,946/100)$
 $951 \text{kg} \times 1,00946 = 960 \text{kg}$

Peso Hormigón Seco

PUV= Peso de unidad
o Peso Fresco

Si en las condiciones reales de obra se cuenta con arena fina con un contenido de humedad de 4,5 %, arena gruesa con una humedad de 3 % y piedra con una humedad del 1 %, la última columna se completa como sigue:

Calcular el peso húmedo de los agregados, empleando la fórmula $Ph = Ps (1 + h\%/100)$

$$Ph (\text{Agr S}) = 960 \text{ kg} \times (1,03) = 988 \text{ kg}$$

$$Ph (\text{Ag. grueso}) = 960 \text{ kg} \times (1,01) = 969 \text{ kg}$$

Efectuar las diferencias, con su signo, entre el peso húmedo y el peso (SSS) de los agregados.

$$Ph (\text{Ar. gruesa}) - Psss (\text{Ar. gruesa}) = 988 \text{ kg} - 960 \text{ kg} = 28 \text{ kg}$$

$$Ph (\text{Ag. grueso}) - Psss (\text{Ag. grueso}) = 969 \text{ kg} - 960 \text{ kg} = 9 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 37 \text{ kg} = 37 \text{ litros}$$

Restar al agua de mezclado la suma de las diferencias obtenidas (con su signo). Como control, la suma de los valores de la columna de pesos húmedos debe coincidir con la correspondiente a los pesos SSS. Agua a emplear en el amasado = 177 litros – 37 litros = 140 litros

Resultado

Componente	Peso para 1m3 de Hº (1) kg	Densidad (2) kg/dm3	Volumen sólido (3) dm3	Peso (SSS) por m3 de Hº (4) kg	Peso húmedo para 1m3 (5) kg
Agua	177	1	177	177	140
Cemento	327	3,1	105	327	327
Agr S	951	2,65	359	960	988
Agr G	951	2,65	359	960	969
Aire	---		---		
Aditivo	---		---		
SUMAS	2406		1000	2424	2424

2) A la cantidad de agua se le resta la cantidad de agua aportado por los agregados.

1) Se calcula la diferencia de peso para calcular el agua que aportaran los agregados.

Volumen equivalente

	Peso para 1m ³ kg	vol
Cemento	327	1
Agr S	988	3,02
Agr G	969	2,96

Para sacar el volumen equivalente aplicamos regla de tres simple.
 Ejemplo: Cemento 327.....1
 Agr S 988.....x
 Vol= $1 \times 988 / 327 = 3,02$

aproximadamente
 Dosificación (1 : 3 : 3)

Para nuestra losa quedaría

Losa de $35m^2 \times 0,15m = 5,25m^3$

Agua	$140l \times 5,25 = 735l$
Cemento	$327kg \times 5,25 = 1.716,75kg$
Agr S	$988 kg \times 5,25 = 5.192,40kg$
Agr G	$969kg \times 5,25 = 5091,57kg$

Nota aclaratoria:

Los valores presentados han sido **redondeados** o expresados sin decimales para facilitar la comprensión. Asimismo, se han realizado **simplificaciones en algunos pasos** con fines pedagógicos, especialmente para resaltar el proceso de dosificación, por lo que es posible que ciertos resultados **difieran de los valores exactos**.

Este material es un **resumen 6. Dosificación del Hormigón del Capítulo XXIII Tecnología del Hormigón del libro Recurso para Estructuras Resistente** de Mario Enrique **Castro**