



Dosificación de Hormigones Normales

Materiales, octubre del 2016

Agenda

- Objetivos del Trabajo Práctico
- Enunciado
- Combinación de agregados
- Dosificación

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

Se necesita dosificar un hormigón con una resistencia característica a la compresión, definida por un cuantil del 10% de 30 Mpa.

Este hormigón se usará en la fundación de una estructura como losa de 0,5m de espesor y sin ninguna armadura.

Los análisis de la napa existente dan una concentración de 100 mg/litro de sulfatos solubles y el análisis del estrato de suelo donde se realizará la fundación un porcentaje de 1% en masa de SO₄-2.

La planta elabora hormigón con excelente calidad y cuenta con todo el instrumental necesario. A pesar de ello no cuenta con antecedentes numéricos para este tipo de hormigón. Obtuvo una desviación de 3 Mpa para hormigones H-20. Proponer una dispersión para pastones iniciales (No utilizar la tabla 5.5 debido a que a pesar de no conocer la desviación se sabe que la calidad es excelente).

Se cuenta con el acopio de 6 áridos. El ensayo granulométrico de los mismos se muestra en la siguiente tabla.

La densidad de ellos puede considerarse 2,68 kg/dm³. El peso específico del cemento es de 3,17 kg/dm³.

- a. Adoptar y justificar, tipo de cemento, aditivos, método de control, asentamiento y curado*
- b. Determinar la cantidad de cada material para elaborar 20 m² de losa*

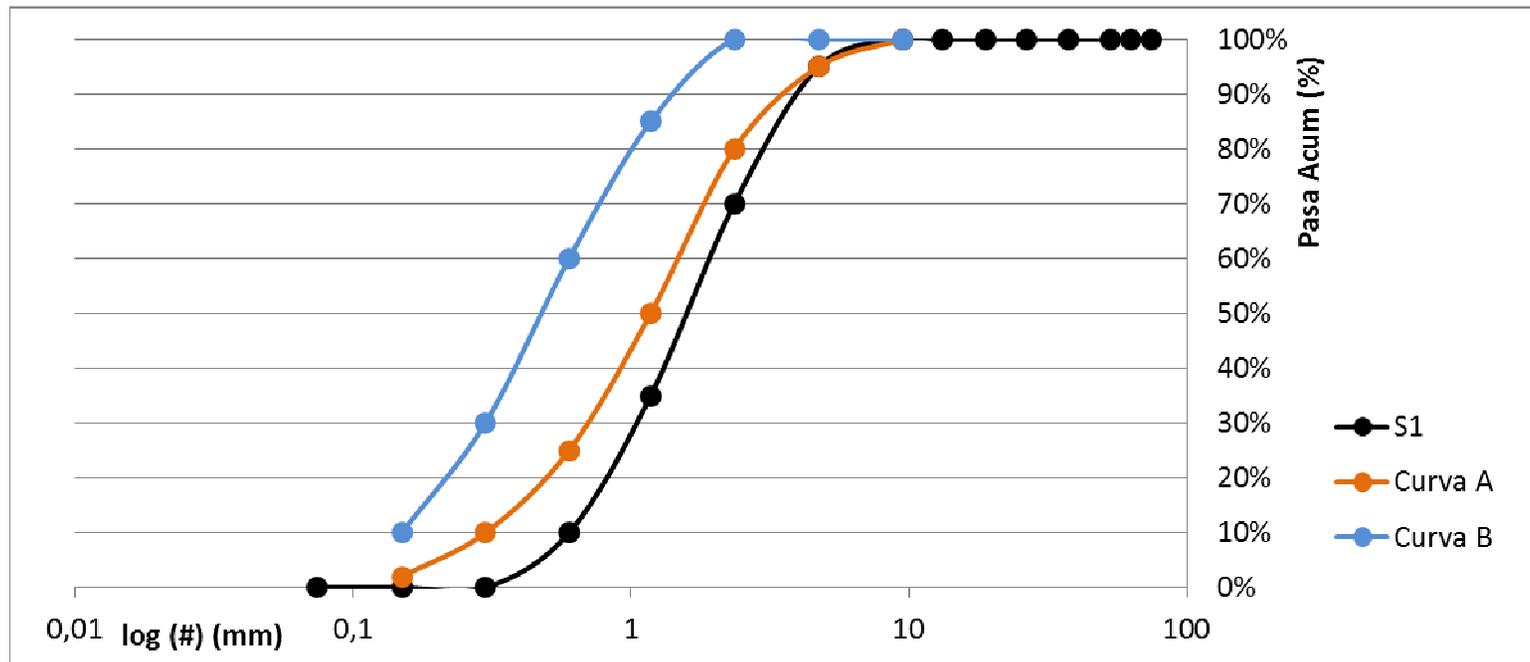
Agregados

TAMIZ	AGREGADOS (Retenidos)					
# (mm)	S1	S2	S3	PP1	PP2	PP3
75	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	325
37,5	0	0	0	0	0	2275
26,5	0	0	0	0	0	2500
19	0	0	0	0	960	600
13,2	0	0	0	630	2040	200
9,5	0	0	0	2590	2400	0
4,75	110	0	238	2450	600	0
2,36	550	0	612	700	0	0
1,18	770	0	1530	420	0	0
0,6	550	130	1020	210	0	0
0,3	220	130	0	0	0	0
0,15	0	1950	0	0	0	0
0,074	0	390	0	0	0	0
BANDEJA	0	0	0	0	0	0
MF	3,90	1,00	4,02	6,15	7,06	8,41
DM	4,75	0,6	9,5	19	19	53

Granulometría S1

					S1	Curva A	Curva B	
Tamiz	Retenido	Retenido Acum	Ret parcial	Ret acum	Pasa acum	Pasa acum	Pasa acum	
# mm	g	g	%	%	%	%	%	
75		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
63		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
53		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
37,5		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
26,5		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
19		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
13,2		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
9,5		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
4,75	110	110	5%	5%	95%	95%	100%	●
2,36	550	660	25%	30%	70%	80%	100%	↓
1,18	770	1430	35%	65%	35%	50%	85%	↓
0,6	550	1980	25%	90%	10%	25%	60%	↓
0,3	220	2200	10%	100%	0%	10%	30%	↓
0,15		2200	0%	100%	0%	2%	10%	↓
0,074		2200	0%	100%	0%			
Bandeja		2200	0%	100%	0%			
TOTAL	2200			MF=	3,90	9,9	9,9	
				DMN=	4,75	4,75	2,36	
				TN=	4,75-0,3			

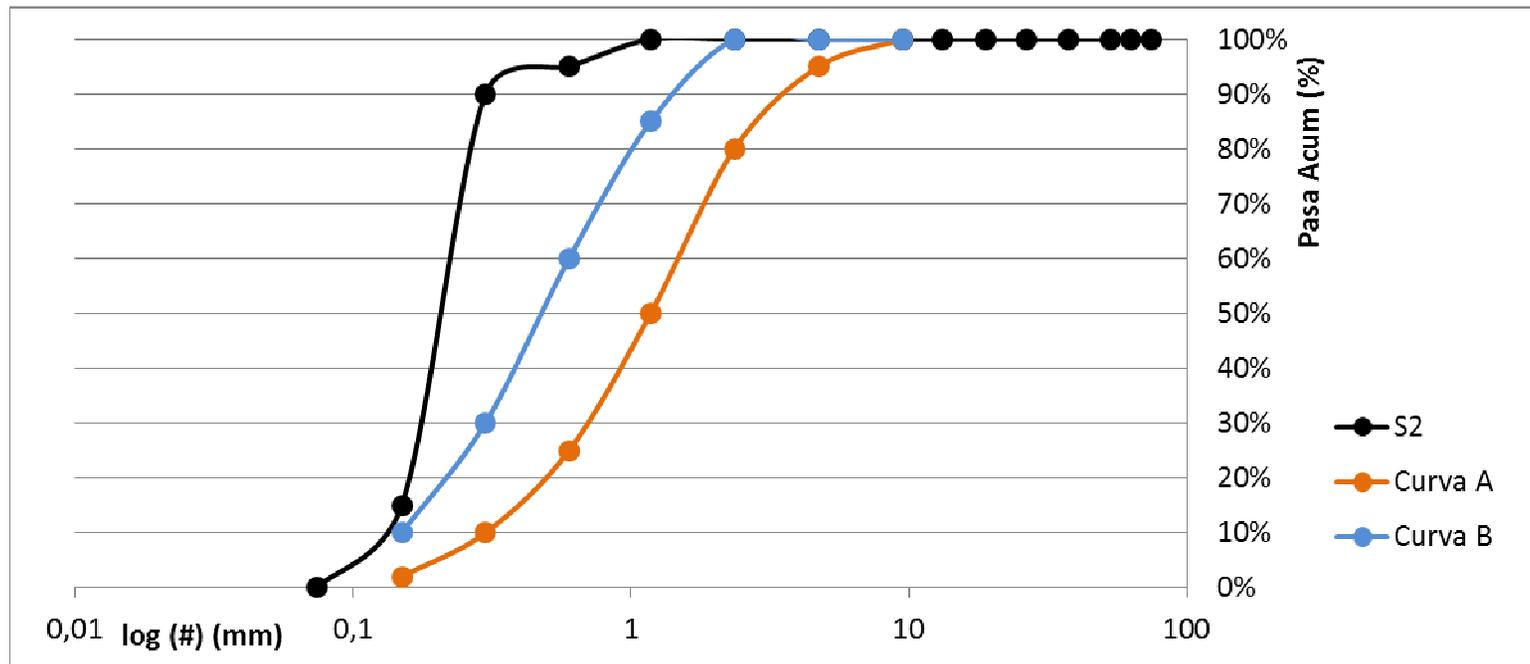
Curva Granulométrica S1



Granulometría S2

					S2	Curva A	Curva B	
Tamiz	Retenido	Retenido Acum	Ret parcial	Ret acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
# mm	g	g	%	%	%	%	%	
75	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
63	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
53	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
37,5	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
26,5	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
19	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
13,2	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
9,5	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
4,75	0	0	0%	0%	100%	95%	100%	●
2,36	0	0	0%	0%	100%	80%	100%	●
1,18	0	0	0%	0%	100%	50%	85%	↑
0,6	130	130	5%	5%	95%	25%	60%	↑
0,3	130	260	5%	10%	90%	10%	30%	↑
0,15	1950	2210	75%	85%	15%	2%	10%	↑
0,074	390	2600	15%	100%	0%			
Bandeja	0		0%	0%				
TOTAL	2600			MF=	1,00	9,9	9,9	
				DMN=	0,6	4,75	2,36	
				TN=	0,6-0,074			

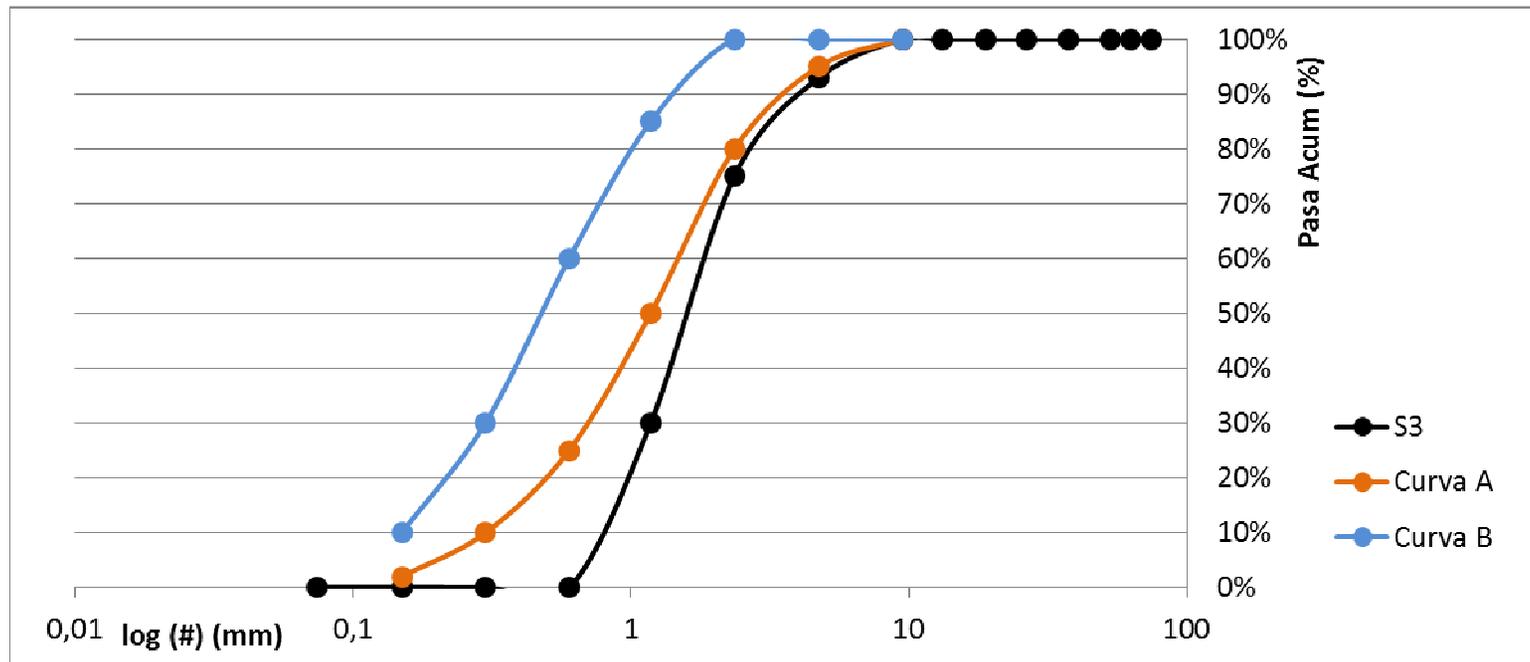
Curva Granulométrica S2



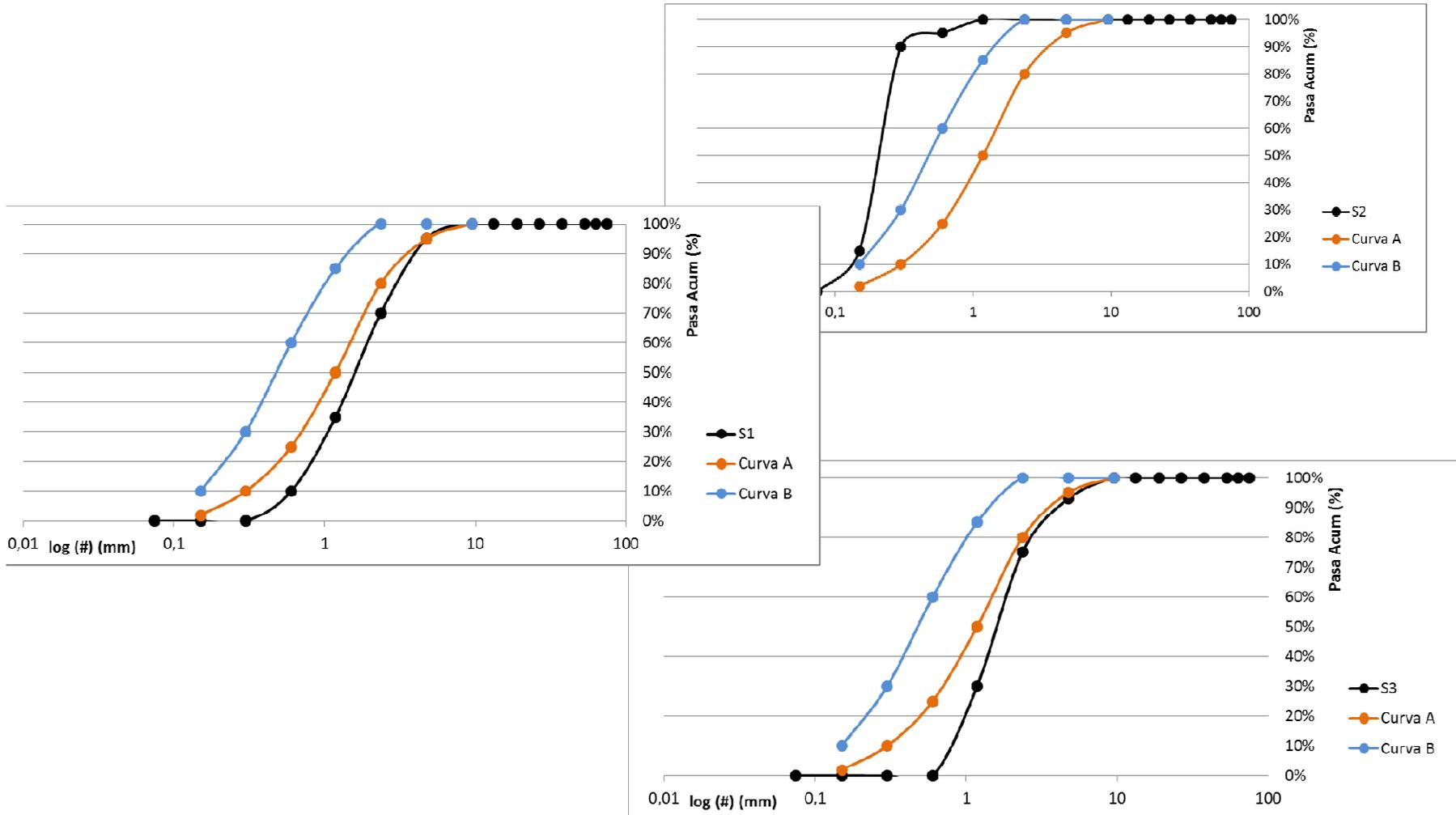
Granulometría S3

					S3	Curva A	Curva B	
Tamiz	Retenido	Retenido Acum	Ret parcial	Ret acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
# mm	g	g	%	%	%	%	%	
75	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
63	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
53	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
37,5	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
26,5	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
19	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
13,2	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
9,5	0	0	0%	0%	100%	100%	100%	●
4,75	238	238	7%	7%	93%	95%	100%	↓
2,36	612	850	18%	25%	75%	80%	100%	↓
1,18	1530	2380	45%	70%	30%	50%	85%	↓
0,6	1020	3400	30%	100%	0%	25%	60%	↓
0,3	0	3400	0%	100%	0%	10%	30%	↓
0,15	0	3400	0%	100%	0%	2%	10%	↓
0,074	0	3400	0%	100%	0%			
Bandeja								
TOTAL	3400			MF=	4,02	9,9	9,9	
				DMN=	9,5	4,75	2,36	
				TN=	9,5-0,6			

Curva Granulométrica S3



Agregados Finos



Combinación S1 y S2

Tamiz	S1	S2	Curva A	Curva B
(mm)	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %
75	100%	100%	100%	100%
63	100%	100%	100%	100%
53	100%	100%	100%	100%
37,5	100%	100%	100%	100%
26,5	100%	100%	100%	100%
19	100%	100%	100%	100%
13,2	100%	100%	100%	100%
9,5	100%	100%	100%	100%
4,75	95%	100%	95%	100%
2,36	70%	100%	80%	100%
1,18	35%	100%	50%	85%
0,6	10%	95%	25%	60%
0,3	0%	90%	10%	30%
0,15	0%	15%	2%	10%
0,074	0%	0%		
Bandeja	0%	0%		

Razonamiento básico:

$$A \leq \alpha S1 + \beta S2 \leq B$$

Tamiz # 2,36

$$80\% \leq \alpha 70\% + \beta 100\% \leq 100\%$$

Rompemos la fórmula

$$80\% = \alpha_A 70\% + \beta_A 100\%$$

$$\alpha_B 70\% + \beta_B 100\% = 100\%$$

Definimos que valores deben adoptar α y β en los extremos (A-B). Con esto, logramos obtener un entorno de valores posibles.

Resolución

$$A_{(\#2,36)} \leq \alpha S1_{(\#2,36)} + \beta S2_{(\#2,36)} \leq B_{(\#2,36)}$$

$$\alpha + \beta = 1$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

$$A_{(\#2,36)} = \alpha S1_{(\#2,36)} + (1 - \alpha) S2_{(\#2,36)}$$

$$\frac{A_{(\#2,36)} - 1 \cdot S2_{(\#2,36)}}{S1_{(\#2,36)} - S2_{(\#2,36)}} = \alpha$$

$$80\% = \alpha_A 70\% + \beta_A 100\%$$

$$80\% = \alpha_A 70\% + (1 - \alpha_A) 100\%$$

$$80\% = \alpha_A 70\% + 1 \cdot 100\% - \alpha_A 100\%$$

$$80\% - 100\% = \alpha_A (70\% - 100\%)$$

$$\alpha_A = \frac{80\% - 100\%}{70\% - 100\%} = 0,67$$

$$\alpha_B 70\% + \beta_B 100\% = 100\%$$

$$\alpha_B 70\% + (1 - \alpha_B) 100\% = 100\%$$

$$\alpha_B 70\% + 1 \cdot 100\% - \alpha_B 100\% = 100\%$$

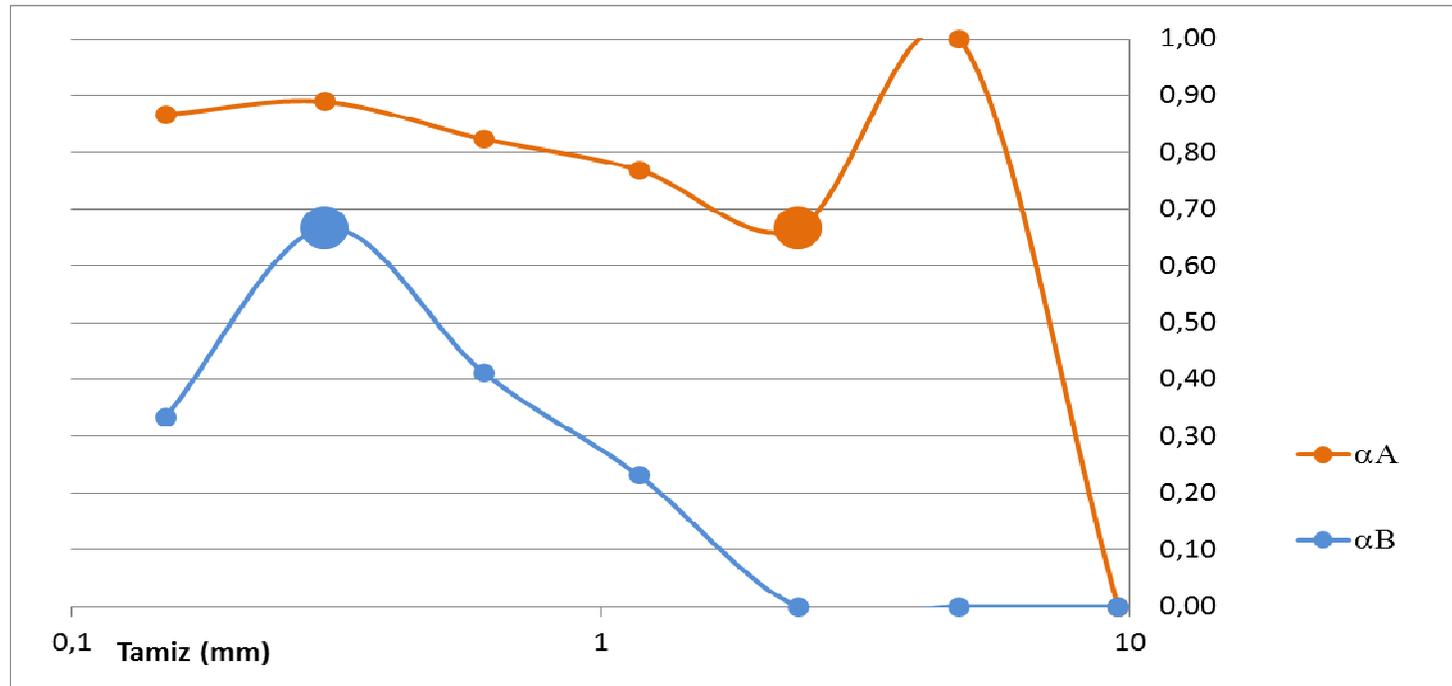
$$\alpha_B (70\% - 100\%) = 100\% - 100\%$$

$$\alpha_B = \frac{100\% - 100\%}{70\% - 100\%} = 0$$

Combinación S1 + S2

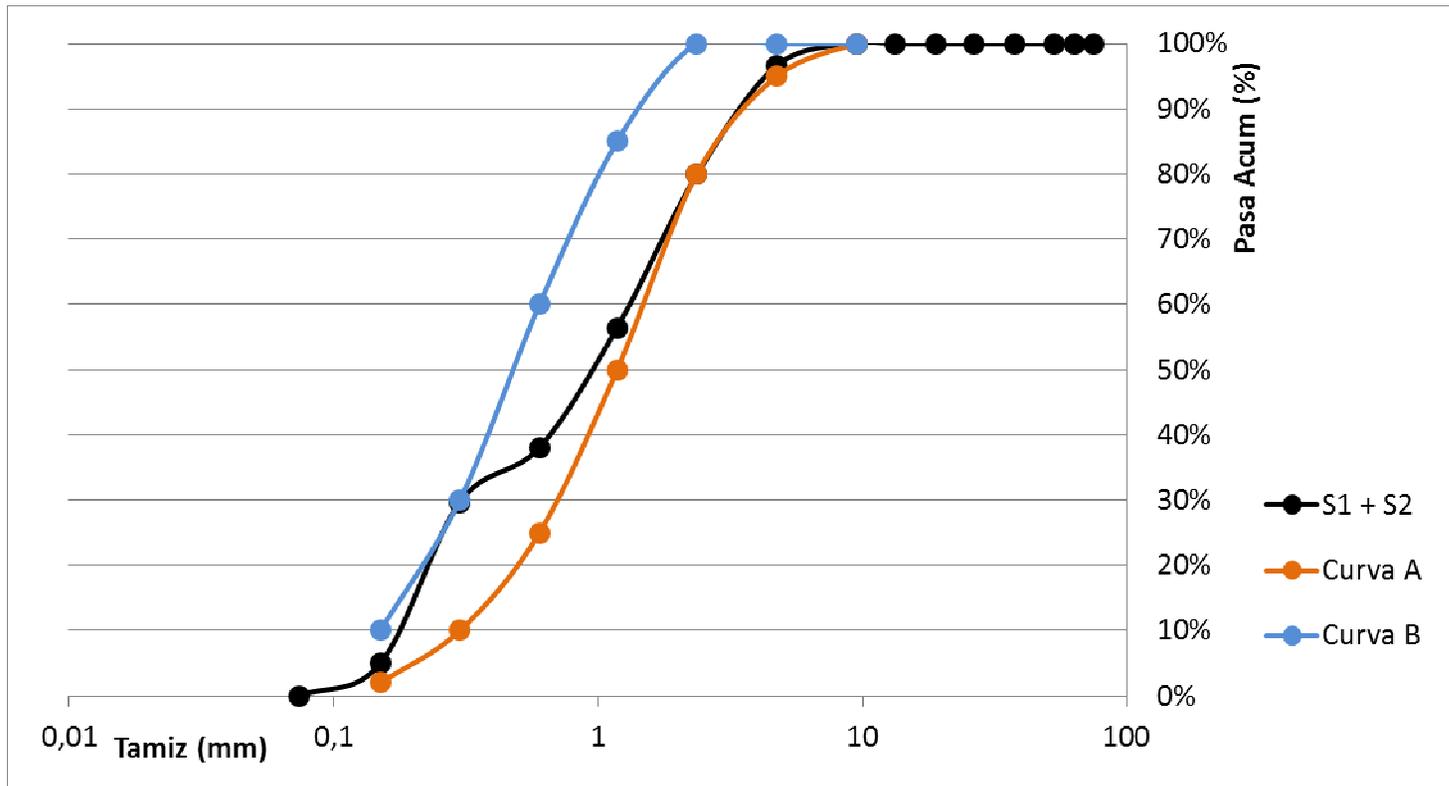
Tamiz	S1	S2	Cálculos S1		corregidos		Curva A	Curva B	S1 + S2	
(mm)	Pasa acum %	Pasa acum %	αA	αB	α min	α max	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
75	100%	100%							100%	
63	100%	100%							100%	
53	100%	100%							100%	
37,5	100%	100%							100%	
26,5	100%	100%							100%	
19	100%	100%							100%	
13,2	100%	100%							100%	
9,5	100%	100%	#i DIV/0!	#i DIV/0!	0,00	1,00	100%	100%	100%	●
4,75	95%	100%	1,00	0,00	0,00	1,00	95%	100%	97%	●
2,36	70%	100%	0,67	0,00	0,00	0,67	80%	100%	80%	●
1,18	35%	100%	0,77	0,23	0,23	0,77	50%	85%	56%	●
0,6	10%	95%	0,82	0,41	0,41	0,82	25%	60%	38%	●
0,3	0%	90%	0,89	0,67	0,67	0,89	10%	30%	30%	●
0,15	0%	15%	0,87	0,33	0,33	0,87	2%	10%	5%	●
0,074	0%	0%	#i DIV/0!	#i DIV/0!	0,00	1,00			0%	
Bandeja	0%	0%	#i DIV/0!	#i DIV/0!	0,00	1,00			0%	
				Límites alfa	0,67	0,67		MF=	2,94	
				α	0,67			DMN=	4,75	
				β	0,33			TN=	4,75-0,15	

Valores de α



En esta gráfica podemos apreciar que el único valor que puede adoptar α es 0,67

Combinación



Cuando terminan de combinar es importante verificar que la arena combinada cumpla con el reglamento. Es una forma de autocorregirse y ver si hicieron bien las cuentas

Otros requisitos

- b) Al ingresar a la hormigonera, el **agregado fino** debe tener una granulometría continua, comprendida dentro de los límites que determinan las **granulometrías A y B** de la Tabla 3.3., y el **módulo de finura** debe ser igual o mayor que **2,3** e igual o menor que **3,1** salvo las excepciones indicadas en g). El agregado fino de la granulometría especificada se puede obtener por mezcla de dos o más arenas de distintas granulometrías.

- e) La fracción retenida en dos tamices consecutivos cualesquiera de los indicados en la Tabla 3.3., debe ser igual o menor que el **45 %**, referido a la muestra total.

- f) La fracción retenida en **dos tamices consecutivos** cualesquiera, de abertura igual o menor que **2,36 mm**, de los indicados en la Tabla 3.3., debe ser igual o mayor que el **20 %** referido a la muestra total. Cuando se aplique la excepción indicada en g) este requisito deberá cumplirse para las fracciones retenidas en **dos tamices consecutivos** cualesquiera, de abertura igual o menor que **1,18 mm**.

Otros requisitos

Tamiz (mm)	S1 + S2 Pasa acum %	S1 + S2 Retenido acum(%)	S1 + S2 Retenido (%)	Menor 45 (%)	Mayor 20 (%)
75	100%	0%			
63	100%	0%	0%		
53	100%	0%	0%		
37,5	100%	0%	0%		
26,5	100%	0%	0%		
19	100%	0%	0%		
13,2	100%	0%	0%		
9,5	100%	0%	0%	0%	
4,75	97%	3%	3%	3%	
2,36	80%	20%	17%	20%	
1,18	56%	44%	23%	40%	40%
0,6	38%	62%	18%	42%	42%
0,3	30%	70%	8%	27%	27%
0,15	5%	95%	25%	33%	33%
0,074	0%	100%	5%		
Bandeja	0%	100%	0%		

Agregado Grueso

Para buscar el agregado grueso debemos tener en cuenta que elemento vamos a hormigonar:

«Se necesita dosificar un hormigón con una resistencia característica a la compresión, definida por un cuantil del 10% de 30 Mpa. Este hormigón se usará en la fundación de una estructura como losa de 0,5m de espesor y sin ninguna armadura..»

Con esta información consultamos la norma.

- b) Debe estar constituido por una mezcla de dos (2) o más fracciones, que cumplan con todo lo indicado en este Reglamento, incluyendo los límites granulométricos dados en la Tabla 3.5., cuando:
 - ❑ Se utilice en hormigones de *clase mayor de H-20* y el tamaño máximo nominal sea mayor de *26,5 mm*.
 - ❑ Se utilice en hormigones de *clase igual o menor de H-20* y el tamaño máximo nominal sea mayor de *37,5 mm*.
- c) El *tamaño máximo nominal del agregado grueso* debe ser menor que:
 - ❑ *1/3 del espesor en una losa, ó 1/5 de la menor dimensión lineal en cualquier otro elemento estructural.*
 - ❑ *3/4 de la mínima separación libre horizontal o vertical entre dos barras contiguas de armaduras, o entre grupos de barras paralelas en contacto directo que actúen como una unidad.*

Tamaño nominal agregado grueso

$$TMN = \frac{1}{3} \text{ esp losa}$$

$$TMN = \frac{1}{3} 500 \text{ mm}$$

$$TMN = 167 \text{ mm}$$

TAMIZ # (mm)	AGREGADOS (Retenidos)					
	S1	S2	S3	PP1	PP2	PP3
75	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	300
37,5	0	0	0	0	0	2275
26,5	0	0	0	0	0	2500
19	0	0	0	0	960	600
13,2	0	0	0	630	2040	200
9,5	0	0	0	2590	2400	0
4,75	110	0	238	2450	600	0
2,36	550	0	612	700	0	0
1,18	770	0	1530	420	0	0
0,6	550	130	1020	210	0	0
0,3	220	130	0	0	0	0
0,15	0	1950	0	0	0	0
0,074	0	390	0	0	0	0
BANDEJA	0	0	0	0	0	0
MF	3,90	1,00	4,02	6,15	7,06	8,40
DM	4,75	0,6	9,5	19	19	53

Tabla granulométrica PP1

					PP1	Curva 19inf	Curva 19sup	
Tamiz	Retenido	Retenido Acum	Ret parcial	Ret acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
# mm	g	g	%	%	%	%	%	
75	0	0	0%	0%	100%			
63	0	0	0%	0%	100%			
53	0	0	0%	0%	100%			
37,5	0	0	0%	0%	100%			
26,5	0	0	0%	0%	100%	100,00%	100,00%	●
19	0	0	0%	0%	100%	90,00%	100,00%	●
13,2	630	630	9%	9%	91%			
9,5	2590	3220	37%	46%	54%	20,00%	55,00%	●
4,75	2450	5670	35%	81%	19%	0,00%	10,00%	↑
2,36	700	6370	10%	91%	9%	0,00%	5,00%	↑
1,18	420	6790	6%	97%	3%			
0,6	210	7000	3%	100%	0%			
0,3	0	7000	0%	100%	0%			
0,15	0	7000	0%	100%	0%			
0,074	0	7000	0%	100%	0%			
Bandeja	0	7000	0%	100%	0%			
TOTAL	7000			MF=	6,15			
				DMN=	19			
				TN=	19-1,18			

Curva granulométrica PP1

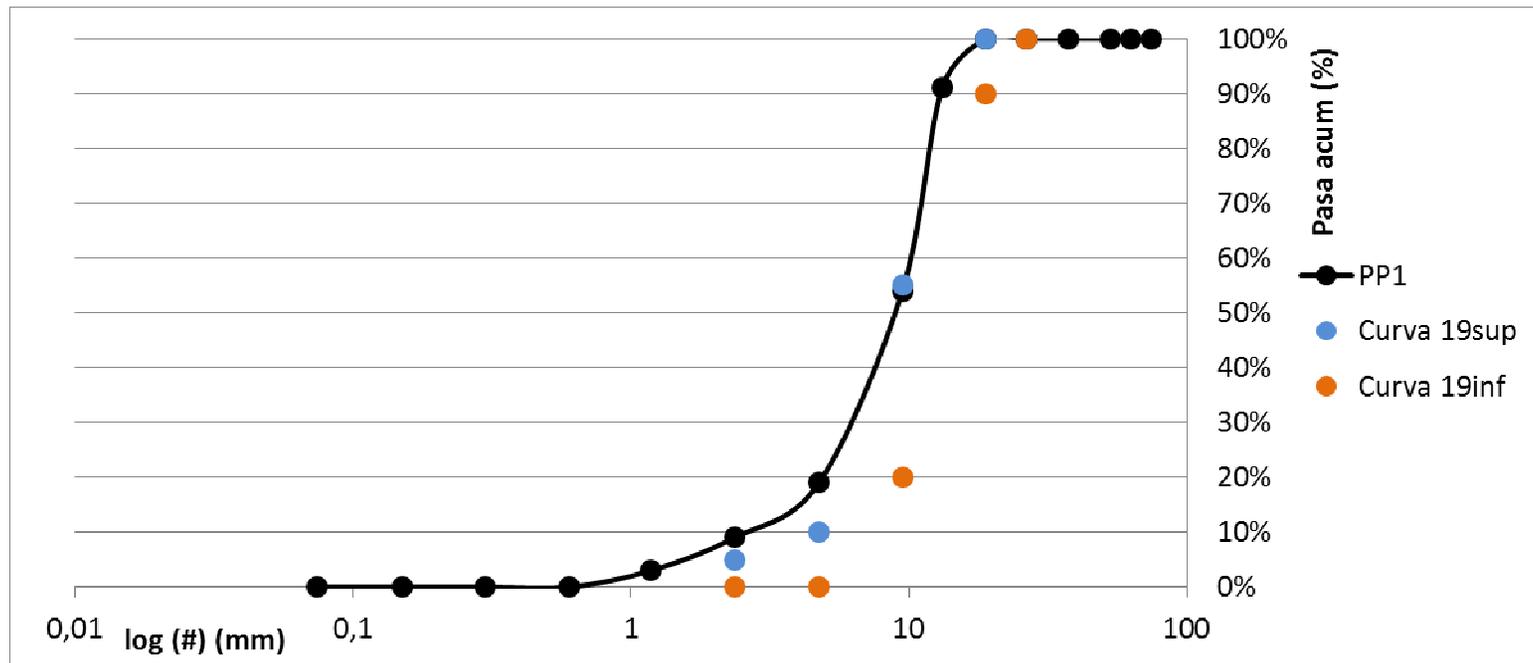


Tabla granulométrica PP2

					PP2	Curva 26,5inf	Curva 26,5sup	
Tamiz	Retenido	Retenido Acum	Ret parcial	Ret acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
# mm	g	g	%	%	%	%	%	
75		0	0%	0%	100%			
63		0	0%	0%	100%			
53		0	0%	0%	100%			
37,5		0	0%	0%	100%	100%	100%	●
26,5		0	0%	0%	100%	95%	100%	●
19	960	960	16%	16%	84%			
13,2	2040	3000	34%	50%	50%	25%	60%	●
9,5	2400	5400	40%	90%	10%			
4,75	600	6000	10%	100%	0%	0%	10%	●
2,36		6000	0%	100%	0%	0%	5%	●
1,18		6000	0%	100%	0%			
0,6		6000	0%	100%	0%			
0,3		6000	0%	100%	0%			
0,15		6000	0%	100%	0%			
0,074		6000	0%	100%	0,0			
Bandeja								
TOTAL	6000			MF=	7,06			
				DMN=	19			
				TN=	26,5-4,75			

Curva granulométrica PP2

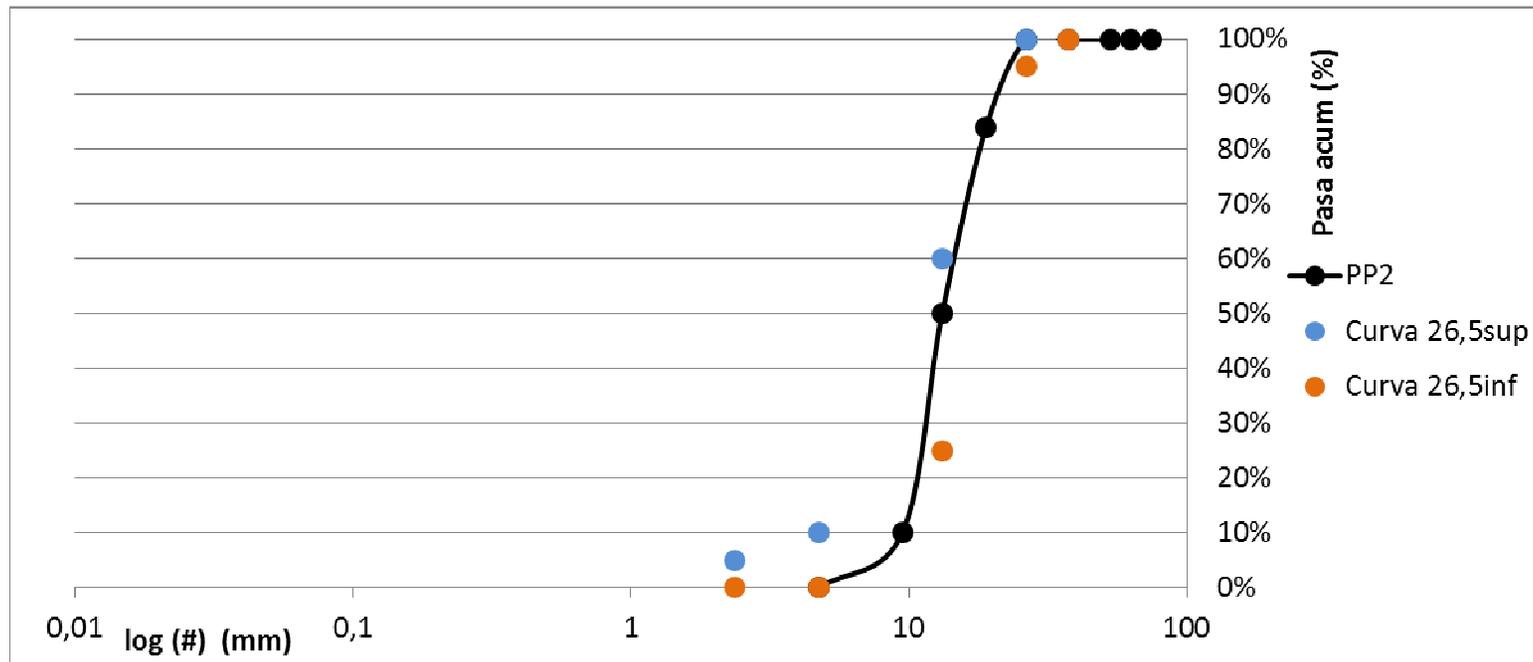
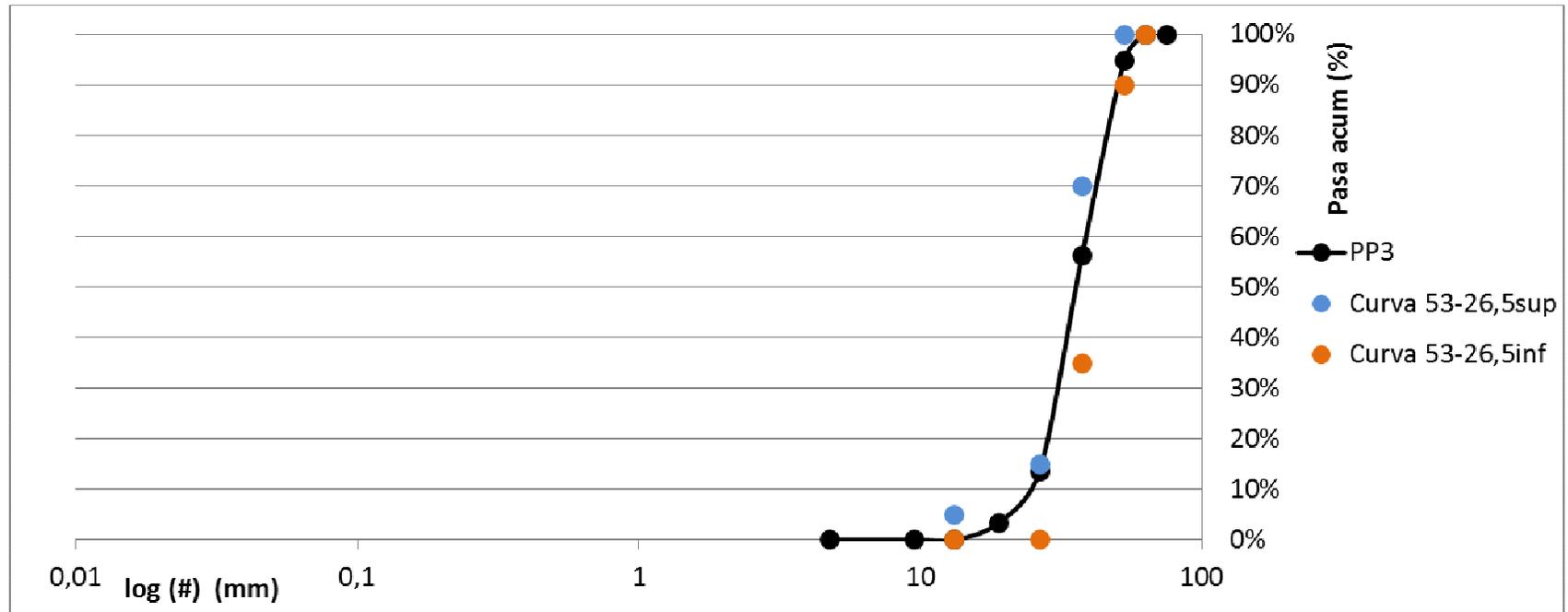


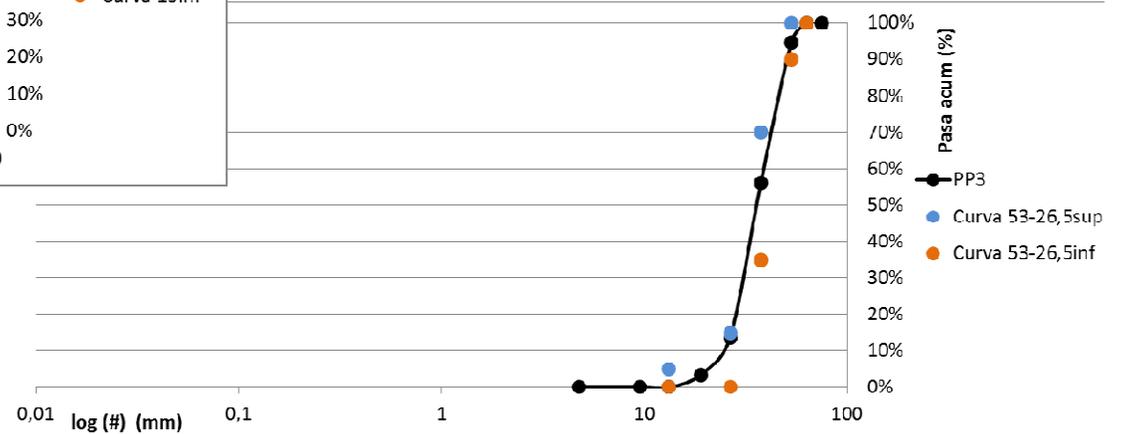
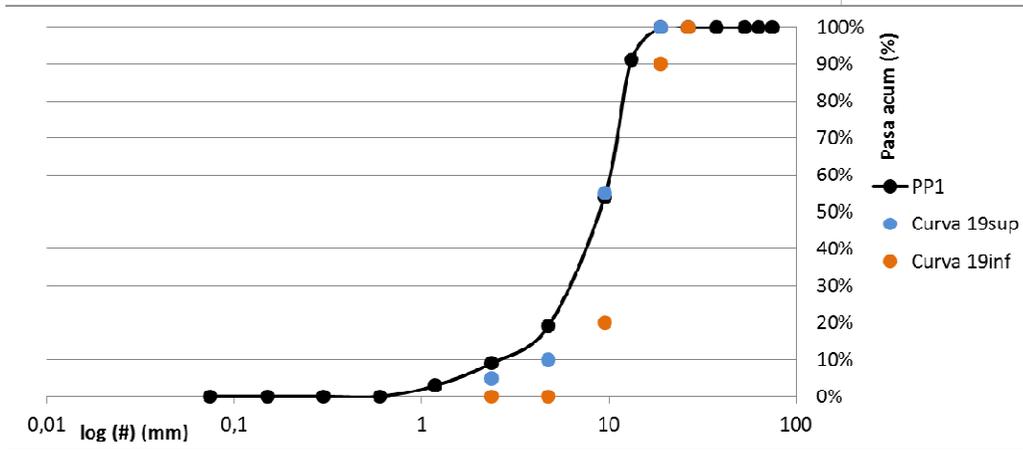
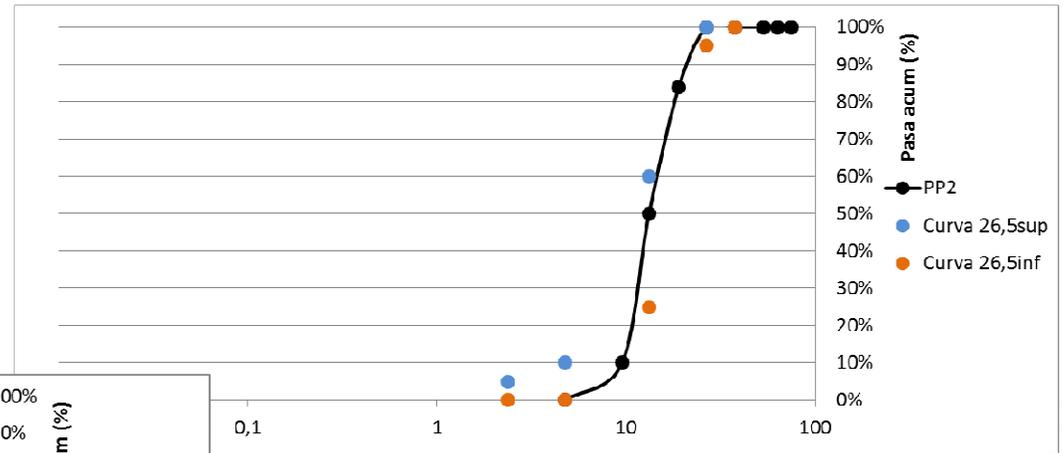
Tabla granulométrica PP3

					PP3	Curva 53-26,5in	Curva 53-26,5sup	
Tamiz	Retenido	Retenido Acum	Ret parcial	Ret acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
# mm	g	g	%	%	%	%	%	
75		0	0%	0%	100%			
63		0	0%	0%	100%	100,00%	100,00%	●
53	300	300	5%	5%	95%	90%	100%	●
37,5	2275	2575	39%	44%	56%	35%	70%	●
26,5	2500	5075	43%	86%	14%	0%	15%	●
19	600	5675	10%	97%	3%			
13,2	200	5875	3%	100%	0%	0%	5%	●
9,5		5875	0%	100%	0%			
4,75		5875	0%	100%	0%			
2,36		5875	0%	100%	0%			
1,18		5875	0%	100%	0%			
0,6		5875	0%	100%	0%			
0,3		5875	0%	100%	0%			
0,15		5875	0%	100%	0%			
0,074		5875	0%	100%	0%			
Bandeja		5875	0,00	100%	0%			
TOTAL	5875			MF=	8,40			
				DMN=	53			
				TN=	53-19			

Curva granulométrica PP3



Agregados gruesos



Agregados gruesos

El agregado grueso depende del elemento que se hormigone. En este caso, el elemento **admite un tamaño máximo nominal de 167 mm**. Nuestro objetivo es encontrar el mayor agregado posible para disminuir la superficie específica y así disminuir la cantidad de pasta.

Primero debemos seleccionar en que curva debería estar el agregado. A diferencia de las arenas que tienen una sola curva granulométrica reglamentaria, los agregados gruesos tienen un par de curvas por cada tamaño nominal. En este caso, seleccionamos la de 53-4,75 porque es la más grande que ofrece el reglamento.

Pregunta:

1. ¿Estaría bien usar el agregado de PP3 cuyo $\Phi_{\text{máx}}$ es de 53 mm?

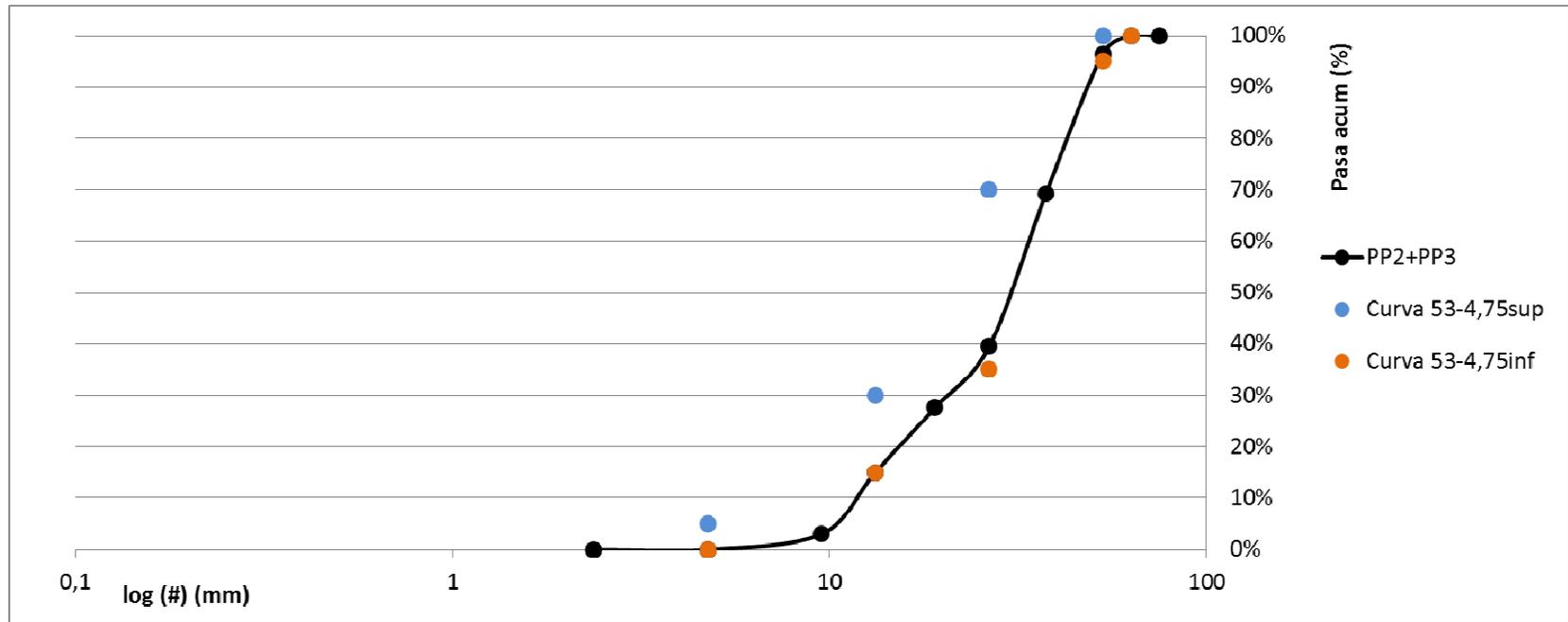
Si, pero no podemos usarlo solo. Su tamaño nominal es 53-19 por lo que no vamos a tener agregados desde el tamiz 19 al 4,75 que es donde empiezan las arenas. Una de las características que debe tener el esqueleto granular es ser compacto. Esto se logra mediante una curva granulométrica general continua.

Por lo tanto, podemos combinar el agregado PP2 + PP3

Combinación agregado grueso

Tamiz (mm)	PP2	PP3	Cálculos PP2		corregidos		Curva 53-4,75inf	Curva 53-4,75sup	PP2+PP3	
	Pasa acum %	Pasa acum %	α A	α B	α min	α max	Pasa acum %	Pasa acum %	Pasa acum %	
75	100%	100%							100%	
63	100%	100%	#iDIV/0!	#iDIV/0!	0,00	1,00	100%	100%	100%	●
53	100%	95%	0,02	1,00	0,02	1,00	95%	100%	96%	●
37,5	100%	56%							69%	
26,5	100%	14%	0,25	0,65	0,25	0,65	35%	70%	40%	●
19	84%	3%							28%	
13,2	50%	0%	0,30	0,60	0,30	0,60	15%	30%	15%	●
9,5	10%	0%							3%	
4,75	0%	0%	#iDIV/0!	#iDIV/0!	0,00	1,00	0%	5%	0%	●
2,36	0%	0%							0%	
1,18	0%	0%							0%	
0,6	0%	0%							0%	
0,3	0%	0%							0%	
0,15	0%	0%							0%	
0,074	0%	0%							0%	
Bandeja	0%	0%							0%	
				Límites alfa	0,30	0,60				
				α	0,30					
				β	0,70					

Combinación



Enunciado

Se necesita dosificar un hormigón con una resistencia característica a la compresión, definida por un cuantil del 10% de 30 Mpa.

Este hormigón se usará en la fundación de una estructura como losa de 0,5m de espesor y sin ninguna armadura.

Los análisis de la napa existente dan una concentración de 100 mg/litro de sulfatos solubles y el análisis del estrato de suelo donde se realizará la fundación un porcentaje de 1% en masa de SO₄-2.

La planta elabora hormigón con excelente calidad y cuenta con todo el instrumental necesario. A pesar de ello no cuenta con antecedentes numéricos para este tipo de hormigón. Obtuvo una desviación de 3 Mpa para hormigones H-20. Proponer una dispersión para pastones iniciales (No utilizar la tabla 5.5 debido a que a pesar de no conocer la desviación se sabe que la calidad es excelente).

Se cuenta con el acopio de 6 áridos. El ensayo granulométrico de los mismos se muestra en la siguiente tabla.

La densidad de ellos puede considerarse 2,68 kg/dm³. El peso específico del cemento es de 3,17 kg/dm³.

- a. Adoptar y justificar, tipo de cemento, aditivos, método de control, asentamiento y curado*
- b. Determinar la cantidad de cada material para elaborar 20 m² de losa*

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. «Los análisis de la napa existente dan una concentración de 100 mg/litro de sulfatos solubles y el análisis del estrato de suelo donde se realizará la fundación un porcentaje de 1% en masa de SO₄-2»

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"> • Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. • Estructuras que contienen agua o la conducen.
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"> • Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. • Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes. • Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios.
Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> • 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). 	
Q 2		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • 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). • Exposición al agua de mar 	
Q 3		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> • 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). 	

CIRSOC-201-205, Cap II



Requerimientos por Durabilidad

Para definir el tipo de ambiente se analiza la concentración de sulfatos en el agua y en el suelo:

Los análisis de la napa existente dan una concentración de 100 mg/litro de sulfatos solubles y el análisis del estrato de suelo donde se realizará la fundación un porcentaje de 1% en masa de SO₄-2.

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

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1) mg/litro	Magnesio (Mg ²⁺) (2) mg/litro	pH (3) -----	Disolución cal por ataque con ácido carbónico (CO ₂ ²⁻) (4) mg/litro
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40
Fuerte	1.500 a 10.000	1.000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100
Muy fuerte	Mayor de 10.000	Mayor de 3.000	Menor de 4,5	Mayor de 1

(1); (2);(3) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1872:2004.
(4) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1708:1998.

Tabla 2.4. Valores límites de sustancias agresivas en suelos de contacto

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1) % en masa	Grado de acidez Baumann – Gully Modificado (2) Nº
Moderado	0,10 a 0,20	Mayor de 20
Fuerte	0,20 a 2,00	---
Muy fuerte	Mayor de 2,00	-----

(1) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1873:2004.
(2) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1707-1:1998

Requerimientos por Durabilidad

Debido a que el ataque de sulfatos puede ser clasificado como fuerte, se determina que el ambiente al que está expuesto el hormigón es un ambiente Q2. Con esta información se determina que por razones de durabilidad el hormigón debe tener una resistencia característica mínima de 35 MPa y una relación agua/cemento máxima de 0,45.

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 necesita dosificar un hormigón con una resistencia característica a la compresión, definida por un cuantil del 10% de **30 Mpa** (H-30 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 (30 MPa; 35 MPa)

Resistencia característica = 35 MPa

Resistencia de Diseño de la Mezcla

Modo de Producción:

La planta elabora hormigón con excelente calidad y cuenta con todo el instrumental necesario. A pesar de ello no cuenta con antecedentes numéricos para este tipo de hormigón. Obtuvo una desviación de 3 Mpa para hormigones H-20. Proponer una dispersión para pastones iniciales (No utilizar la tabla 5.5 debido a que a pesar de no conocer la desviación se sabe que la calidad es excelente).

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

La planta elaboradora de hormigón tiene calculada una desviación estándar de 3 Mpa para hormigones H-20. Para calcular la desviación estándar para hormigones H-35 podemos trabajar usando el coeficiente de variación que se mantiene constante para diferentes calidades de hormigón.

Sabemos que:

$$V = \frac{s_p}{f'_{cm}} = \frac{s_p}{f'_{cp} + 1,28s_p} = \frac{3}{20 + 1,28 \cdot 3} = 0,13$$

Suponemos que v no varía para calidades diferentes:

$$V = \frac{s}{f'_{cm}} = \frac{s}{f'_c + 1,28s} = \frac{s}{35 + 1,28s} = 0,12 \quad s = 5,25 \text{ MPa}$$

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

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

$$f'_{cr} = 35 + 1,34 \times 5,25 = 42 \text{ MPa}$$

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

$$f'_{cr} = 34 + 2,33 \times 5,25 - 3,5 = 43,7 \text{ MPa}$$

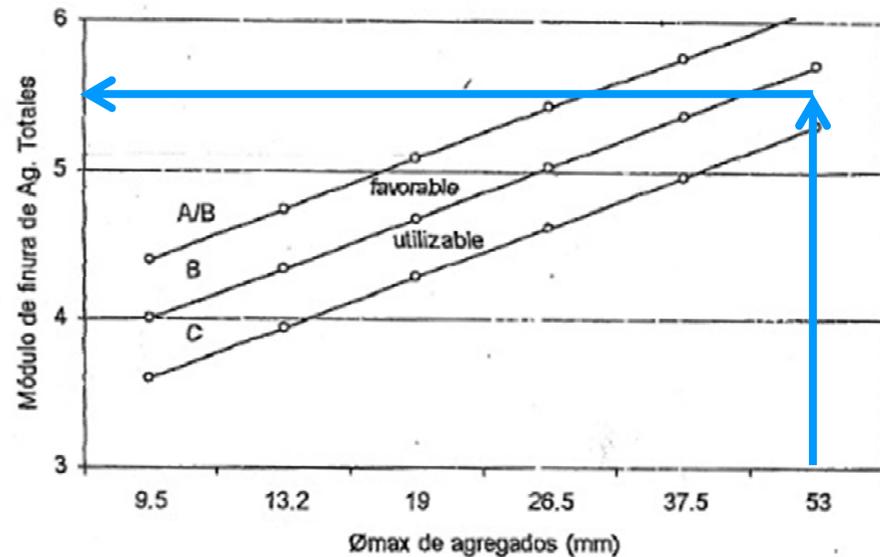
Esqueleto Granular

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.

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

$$5,5 = \alpha 2,94 + \beta 8$$

$$\alpha = 0,49 ; \beta = 0,51$$



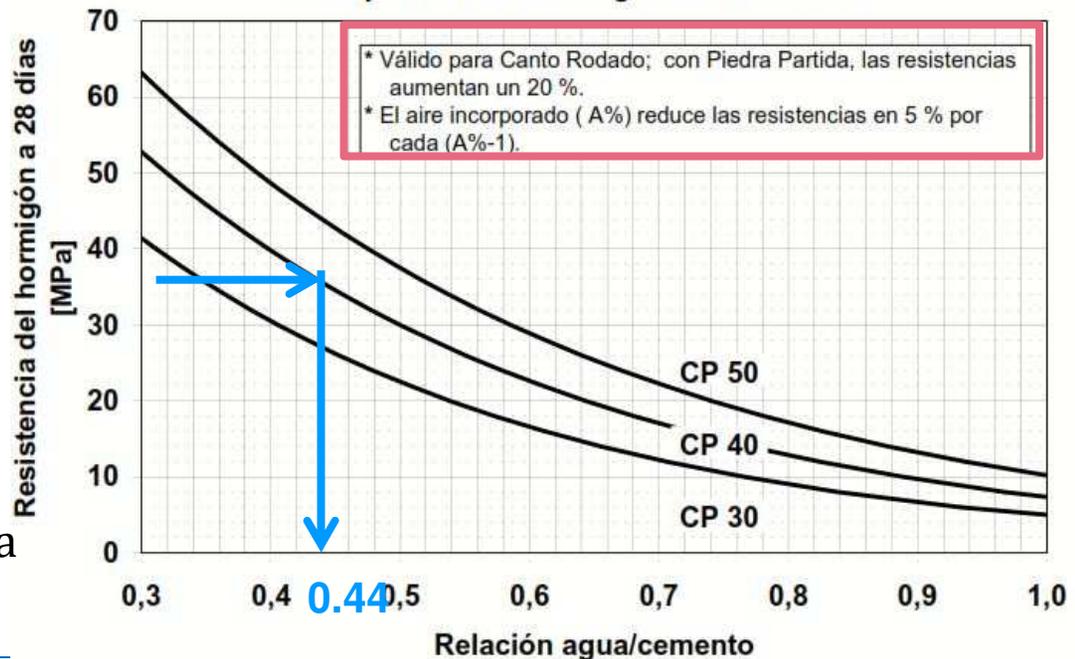
Relación a/c

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.

Debido a que el agregado grueso es piedra partida se debe disminuir la tensión de entrada a la tabla ya que luego, la resistencia aumentará un 20%.

$$f'_c = \frac{f'_{c}}{1,2} = \frac{43,7}{1,2} = 36 \text{ MPa}$$

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

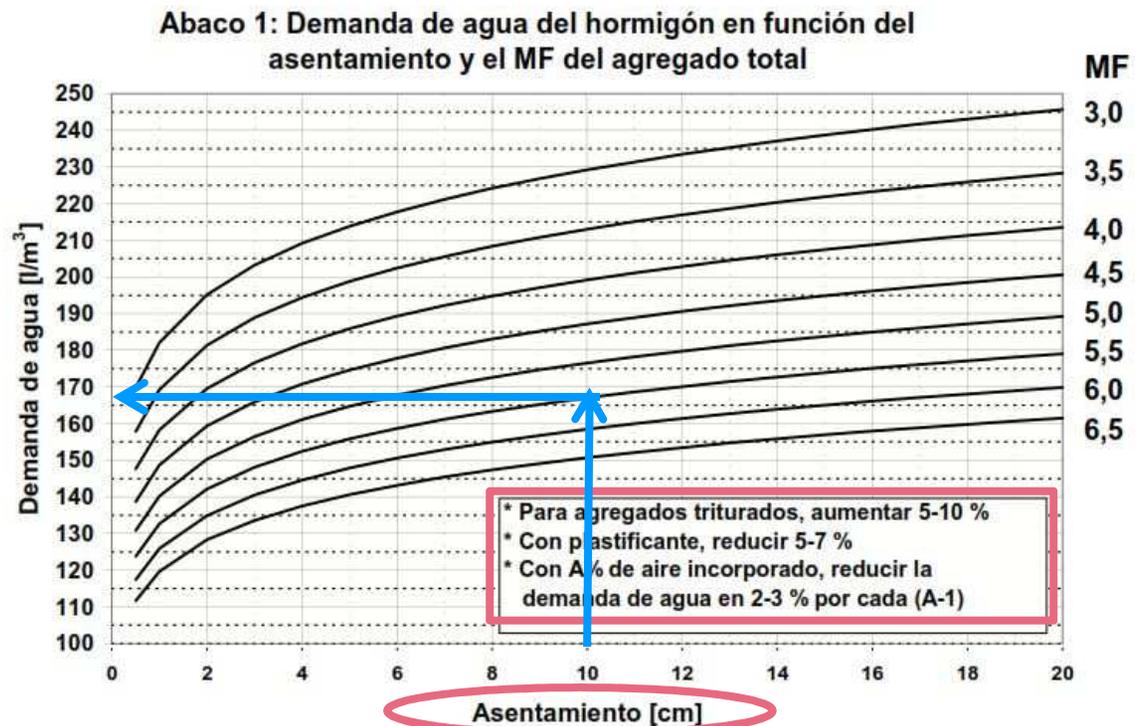


Demanda de agua

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

Debido a que los agregados utilizados son triturados, se debe aumentar la demanda de agua entre un 5-10%. Por lo tanto:

$$\text{agua} = 169 \times 1,1 = 186 \frac{1}{m^3}$$



Dosificación

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

$$\text{Demanda agua} = 186 \text{ l/m}^3$$

$$a/c = 0,44 \longrightarrow \text{cemento} = 423 \text{ kg/m}^3$$

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	422,50	134,13
Agua	185,90	185,90
Agregado S	0,00	0,00
Agregado G	0,00	0,00
Aire	0,00	20,00
Total	-	-

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

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

$$Vol_{Agr} = 659 m^3$$

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

$$\alpha = 0,49 ; \beta = 0,51$$

$$Vol_{AgrS} = 344 dm^3$$

$$Vol_{AgrG} = 352 dm^3$$

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	422,50	134,13
Agua	185,90	185,90
Agregado S	0,00	326,07
Agregado G	0,00	333,90
Aire	0,00	20,00
Total	608,40	1000,00



X densidad agregados

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	422,50	134,13
Agua	185,90	185,90
Agregado S	880,40	326,07
Agregado G	901,53	333,90
Aire	0,00	20,00
Total	2390,33	1000,00

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

Resultado

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	422,50	134,13
Agua	185,90	185,90
Agregado S	880,40	326,07
Agregado G	901,53	333,90
Aire	0,00	20,00
Total	2390,33	1000,00

$$X 20 m^2 X 0,5 m = 10m^3$$

Además:

Debido a que el hormigón sufre ataque de sulfatos fuerte la norma exige que se debe utilizar o un CPN con aditivos o un cemento con alta resistencia a los sulfatos.

Elemento	Peso (kg)	Vol (dm3)
Cemento	4.225	1.341
Agua	1.859	1.859
Agregado S	8.804	3.261
Agregado G	9.015	3.339
Aire	-	200
Total	23.903	10.000