

EMPLEO DE CENIZAS VOLANTES O COMBINACION DE ESTAS CON ESCORIAS PARA HORMIGONES DE PRESA

Por RAFAEL LOPEZ GONZALEZ

Doctor Ingeniero de C., C. y P.

Confederación Hidrográfica del Duero.

La práctica de sustituir en los hormigones para presas un cierto porcentaje de cemento por cenizas volantes es sobradamente conocida. Nosotros creemos, no obstante, que la presa bóveda de 100 metros de altura de Riaño, en España, ha sido construida con hormigones que presentan algunas innovaciones que estimamos interesantes.

Se han fabricado tres tipos de hormigón: los dos primeros (que llamaremos 1 y 2) se han empleado de una manera general para el hormigonado de la bóveda. El tercero es más bien un hormigón experimental y ha sido utilizado solamente para obras de menos importancia, por ejemplo para el llenado de una pequeña vaguada.

Los inertes o áridos provienen todos del machaqueo de calizas Westfalienses y el amasado se ha hecho sustituyendo la hormigonera convencional por una mezcladora de tambor fijo, con la cual habíamos tenido una experiencia muy favorable para hormigones con dimensión máxima de áridos de 60 milímetros. Este resultado se ha confirmado

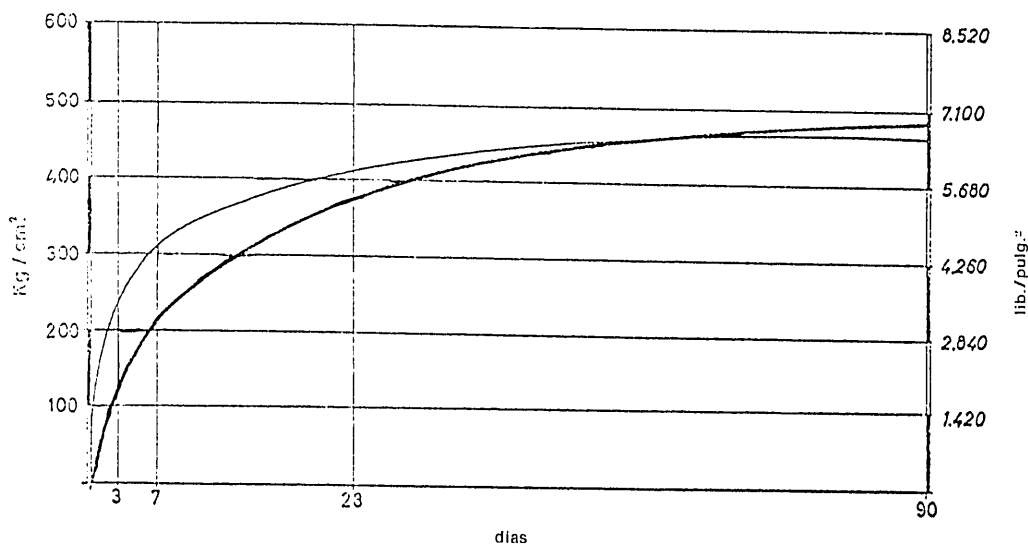
con el hormigón de la presa de una dimensión máxima de 120 milímetros.

Los hormigones 1 y 2 tienen exactamente la misma dosificación, y su diferencia se refiere exclusivamente al tipo de cemento empleado. Esta dosificación por metro cúbico se indica en los cuadros que acompañamos:

- Cemento empleado para el hormigón 1: Pórtland normal.
- Cemento empleado para el hormigón 2: Pórtland con un contenido del 20 por 100 de escorias.

El hormigón número 1, que contiene un porcentaje de cenizas volantes ligeramente más elevado que de costumbre, no constituye una novedad. Su curva de endurecimiento, comparada con la del hormigón tipo (100 por 100 de clinker), puede observarse en el cuadro 2. Las resistencias se han obtenido sobre probetas cilíndricas de altura doble que el diámetro.

CURVA DE ENDURECIMIENTO DEL HORMIGON NUMERO 1
(Comparada con la del hormigón de referencia número 1)

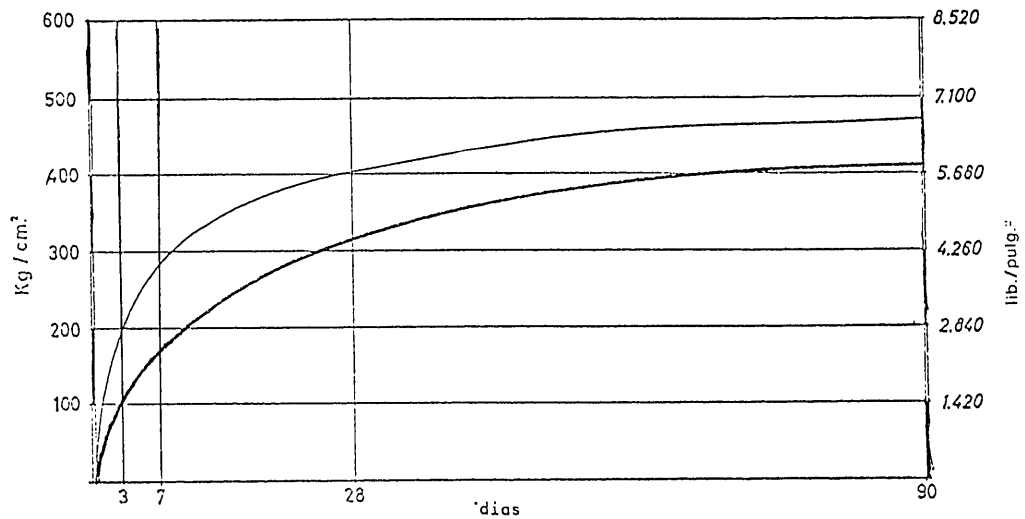


Hormigón número 1, por m³: 190 Kg de cemento Pórtland
80 Kg de cenizas volantes

Hormigón de referencia número 1, de 270 Kg de cemento Pórtland

CURVA DE ENDURECIMIENTO DEL HORMIGON NUMERO 2

(Comparada con la del hormigón de referencia número 2)



Hormigón número 2, por m³: 190 Kg de cemento con 20 por 100 de escorias
80 Kg de cenizas volantes

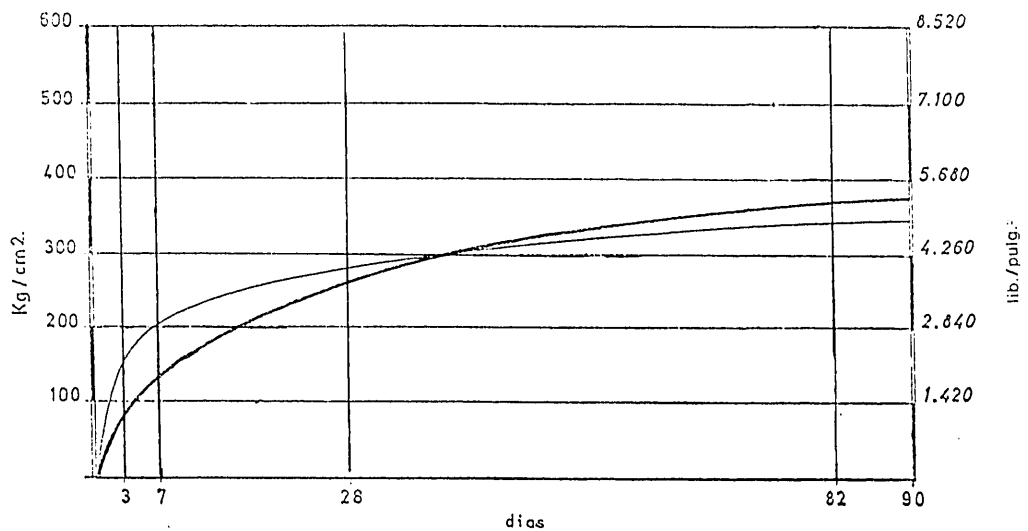
Hormigón de referencia número 2, de 270 Kg de cemento con 20 por 100 de escorias

El hormigón número 2 presenta una particularidad interesante, ya que habida cuenta de que el cemento empleado contiene un 20 por 100 de escorias, en definitiva, el hormigón obtenido está dosificado, por metro cúbico, con 150 kilogramos de clinker y 120 kilogramos de "material puzolánico" tal como lo define M. Lea.

Los resultados obtenidos a lo largo de los ensayos de laboratorio preliminar y en el de obra, han sido, para esta mezcla, notablemente superiores a los resultados previstos. La curva de endurecimiento comparada con esta del hormigón, dosificado exclusivamente con cemento (conteniendo el 20 por 100 de escorias) se representa en el cuadro 3.

CURVA DE ENDURECIMIENTO DEL HORMIGON NUMERO 3

(Comparada con la del hormigón de referencia número 3)

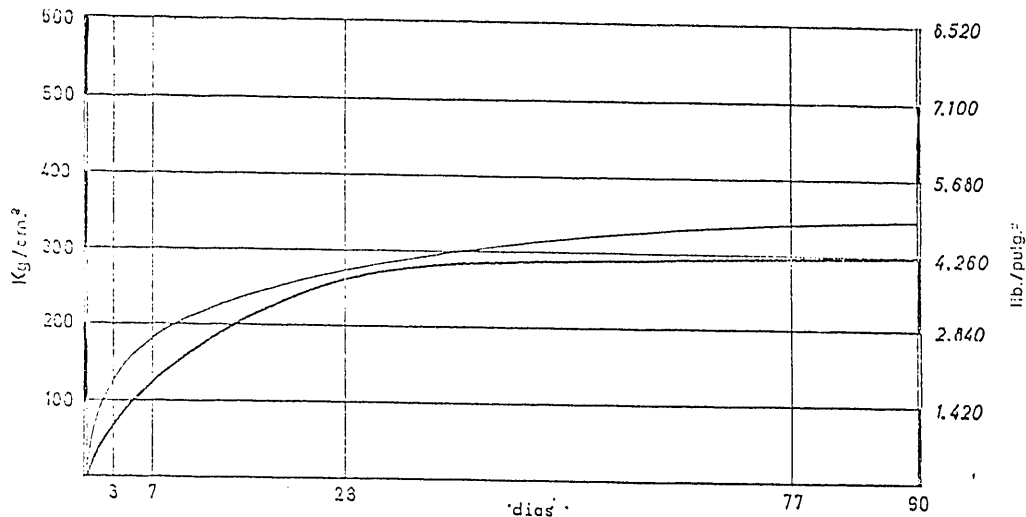


Hormigón número 3, por m³: 120 Kg de cemento Pórtland
80 Kg de cenizas volantes

Hormigón de referencia número 3, de 200 Kg de cemento Pórtland

CURVA DE ENDURECIMIENTO DEL HORMIGON NUMERO 4 (Comparada con la del hormigón de referencia número 4)

11



Hormigón número 4, por m³: 120 Kg de cemento con 20 por 100 de escorias
80 Kg de cenizas volantes
Hormigón de referencia número 4, de 200 Kg de cemento con 20 por 100 de escorias

Estos resultados hacen, pues, prever —de acuerdo con ciertas investigaciones hechas recientemente en Inglaterra— la posibilidad de aumentar la proporción del material puzolánico (sin pérdida de resistencia) cuando éste esté integrado por una mezcla de cenizas volantes y escorias.

El hormigón tipo experimental y de investigación —que nosotros llamamos hormigón número 3— ha sido dosificado con 120 kilogramos de cemento por metro cúbico (conteniendo o no escorias) y 80 kilogramos de cenizas volantes. Con esta dosificación nosotros hemos, pues, llegado a hormigones que tienen solamente 86 kilogramos de clinker y 104 kilogramos de material puzolánico por metro cúbico de hormigón. Esto representa el sustituir el 52 por 100 del cemento —con una dosificación más bien pobre— por material puzolánico.

Una sustitución de este porcentaje tan elevado del cemento, por material puzolánico, a nuestro conocimiento ha constituido una novedad, y sorprendentemente resistencias características medias que a los noventa días oscilan de 270 a 300 kilogramos por centímetro cuadrado; valor suficiente para la mayor parte de las presas de hormigón. Con el hormigón número 3, dosificado con 120 kilogramos de cemento Portland (clinker puro sin adición de escorias) y 80 kilogramos de cenizas volantes, es decir, que una sustitución del 40 por 100 del cemento por cenizas volantes se ha llegado a resistencias características de 375 kilogramos por centímetro cuadrado con una dispersión inferior al 9 por 100. Este hormigón es válido para todo tipo de presas de hormigón.

Pensamos, pues, que deben proseguirse estas investigaciones, haciéndolo nosotros también por nuestra parte y esperando tener la oportunidad de exponerlas en una

próxima publicación, dada la importancia que ella parece ofrecer para el hormigonado de las presas.

La sustitución de parte del cemento de los hormigones de presa, por una mezcla de cenizas volantes y escorias, con preponderancia de aquéllas, puede hacerse en proporciones notablemente altas, llegando a las siguientes ventajas:

a) Disminución del calor de fraguado y, en consecuencia, del peligro de fisuración.

b) Obtención de un hormigón muy manejable en virtud de la esfericidad perfecta de los corpúsculos de las cenizas volantes. Como casos concretos de la mejor manejabilidad damos los siguientes datos comparados con hormigones hechos con sólo cementos Portland.

Tiempo por segundos	Plasticímetro	VE - BE
Hormigón con 190 kilogramos de cemento (20 por 100 de escorias) y 80 kilogramos de cenizas volantes	1 m 50 seg.	9,5 seg.
Hormigón con 270 kilogramos de cemento Portland puro ..	5 m 40 seg.	16,0 seg.

c) Reducción del precio del hormigón.

d) Obtención de hormigones más resistentes al hielo, a los ataques químicos y al aumento de resistencia a tracción.

Composición de los hormigones números 1 y 2 (por m³).

A R I D O S	Grava gruesa	120	a 60	mm.	590 Kg
	Grava fina	60	a 25	mm.	560 Kg
	Gravilla	25	a 5	mm.	585 Kg
	Arena gruesa	5	a 1,2	mm.	180 Kg
	Arena fina	1,2	a 0,074	mm.	250 Kg
					<hr/> 2.165 Kg
					Cemento (*) 190 Kg
					Cenizas volantes 80 Kg
					Agua 120 Kg

(*) Hormigón número 1: Cemento Portland normal.
Hormigón número 2: Cemento con 20 por 100 de escorias.

Composición de los hormigones números 3 y 4 (por m³).

A R I D O S	Grava gruesa	120	a 60	mm.	590 Kg
	Grava fina	60	a 25	mm.	560 Kg
	Gravilla	25	a 5	mm.	585 Kg
	Arena gruesa	5	a 1,2	mm.	205 Kg
	Arena fina	1,2	a 0,074	mm.	285 Kg
					<hr/> 2.225 Kg
					Cemento (*) 120 Kg
					Cenizas volantes 80 Kg
					Agua 100 Kg

(*) Hormigón número 3: Cemento Portland normal.
Hormigón número 4: Cemento con 20 por 100 de escorias.