

# CEMENTOS

## USOS DE CENIZAS VOLANTES

EL COMPORTAMIENTO DE LAS CENIZAS VOLANTES EN LOS DISTINTOS TIPOS DE CEMENTO A PARTIR DE UN INFORME REALIZADO POR EL ING. PABLO GIOVAMBATTISTA, SEGUN LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LEMIT.

**E**l informe fue realizado con el fin de evaluar la **aptitud de las cenizas volantes como adición mineral para la elaboración de morteros y hormigones.**

Dicha evaluación se realiza sobre la base de los ensayos de laboratorio llevados a cabo en el LEMIT (Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica), orientados a verificar:

- El cumplimiento de las cenizas volantes con los requisitos establecidos en las normas ASTM C618 y EN 450-1. Se aclara que se utilizaron estas normas por no haber a la fecha una norma IRAM de aplicación.
- Evaluar el comportamiento comparativo de morteros con diferentes porcentajes de adición de cenizas volantes y sin adición, tanto en estado fresco como endurecido. El estudio se realizó con tres cementos de diferente procedencia y tres niveles de adición de cenizas (10, 20 y 30%).



c- EN 450-1:2012. Fly Ash for concrete – Part 1. Definition, specifications and conformity criteria.

## CENIZAS VOLANTES EN MORTEROS Y HORMIGONES

### REQUISITOS QUIMICOS

La tabla 1 compara los requisitos establecidos en las normas mencionadas en b) y c) con los valores obtenidos. En dicha tabla los requisitos indicados son comunes a ambas normas.

## ANTECEDENTES

- a- LEMIT. Informe Técnico. Estudio de morteros y hormigones con incorporación de cenizas volantes. Etapa sobre morteros. (Exp 57078/13).
- b- ASTM C618-12. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.

Tabla 1. Requisitos químicos							
Propiedad	Unidad	ASTM C618		EN 450-1			Ceniza Volante
		F	N	A	B	C	
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	≥ 70,0	≥ 50,0	≥ 70,0			86,25
SiO <sub>3</sub>	%	≤ 5,0		≤ 3,0			0,39
Pérdida por calcinación	%	≤ 6,0	≤ 5,0	≤ 7,0	≤ 9,0		6,95

Se debe hacer la aclaración que la norma ASTM establece para la ceniza volante clase F que contiene una pérdida por calcinación de hasta un 12,0% puede ser aprobada por el usuario, si se ponen a disposición registros de rendimiento aceptables o resultados de pruebas de laboratorio

Teniendo en cuenta lo indicado en el párrafo anterior y los resultados mostrados en el informe citado en a), la ceniza volante cumple con lo exigido.

## REQUISITOS FISICOS Y MECANICOS

Las tablas 2 a 5 comparan los requisitos establecidos en las normas mencionadas en b) y c) con los valores obtenidos.

Propiedad	Unidad	ASTM C618		EN 450-1		Ceniza Volante
		F	N	N	S	
Finura, retenido tamiz 45 µm	%	≤ 34,0		≤ 40,0		21

La ceniza volante evaluada cumple con el requisito de finura.

Mezcla	Relación 0.5			Relación 0.4			Norma	
	10%CV	20%CV	30%CV	10%CV	20%CV	30%CV	ASTM C618	EN 450-1
7 días	0,86	0,71	0,62	0,92	0,78	0,66	≥ 0,75	
28 días	0,93	0,77	0,77	0,98	0,87	0,75	≥ 0,75	≥ 0,75
90 días	0,98	0,96	0,94	1,08	1,03	1,08		≥ 0,85

Mezcla	Relación 0.5			Relación 0.4			Norma	
	10%CV	20%CV	30%CV	10%CV	20%CV	30%CV	ASTM C618	EN 450-1
7 días	0,86	0,71	0,61	0,84	0,78	0,80	≥ 0,75	
28 días	0,98	0,92	0,81	0,98	1,02	0,98	≥ 0,75	≥ 0,75
90 días	1,02	0,96	0,93	1,08	1,12	1,03		≥ 0,85

Mezcla	Relación 0.5			Relación 0.4			Norma	
	10%CV	20%CV	30%CV	10%CV	20%CV	30%CV	ASTM C618	EN 450-1
7 días	0,88	0,72	0,62	1,00	0,85	0,69	≥ 0,75	
28 días	0,93	0,85	0,77	1,08	0,87	0,81	≥ 0,75	≥ 0,75
90 días	1,14	1,11	1,05	1,04	0,99	0,98		≥ 0,85

El índice de actividad expresa la relación porcentual entre la resistencia a compresión obtenida en el mortero con adición de ceniza volante respecto al mismo mortero sin adición. Es una medida de la reactividad de la misma con un cemento dado y no debe ser considerada como la proporción de adición recomendada para la elaboración de una mezcla de hormigón.

Respecto del cumplimiento del índice de actividad se observa que la ceniza volante cumple ampliamente para todas las edades en niveles de adición del 10%. Para porcentajes de adición del 20 y 30%, dicho requisito se cumple para las edades de 28 y 90 días.

Finalmente hay que mencionar que tanto la norma ASTM C618 como la EN 450-1 establecen una única proporción de cemento/cenizas para la realización de este ensayo. En el caso de la ASTM la relación es 80/20 y para la EN es de 75/25. Atento a ello podemos decir que la ceniza volante cumple con el requisito del índice de actividad.

## MORTEROS EN ESTADO FRESCO

Para iguales asentamientos no se observa una mayor demanda de agua para los morteros con adición de cenizas volantes respecto a los morteros sin adición. Tampoco se observó pérdidas de asentamiento importantes a lo largo del tiempo. Los ensayos de exudación no muestran una influencia negativa en la adición de cenizas volantes.

Se observa en las pruebas realizadas en morteros con la inclusión de aditivo incorporador de aire, que la inclusión de cenizas volantes produce una disminución del contenido de aire. Este hecho concuerda con la bibliografía existente, por lo que puede decirse que dichos resultados son esperables y no son particulares de esta ceniza volante.

Se confirma que la adición de cenizas volantes colabora en la reducción del calor de hidratación de las mezclas cementíceas.

Así mismo se verifica que la incorporación de cenizas volantes produce un ligero aumento en el tiempo de fraguado, siendo del orden de una hora para el tiempo de fraguado inicial y de una hora y media para el tiempo de fraguado final.

## MORTEROS EN ESTADO ENDURECIDO

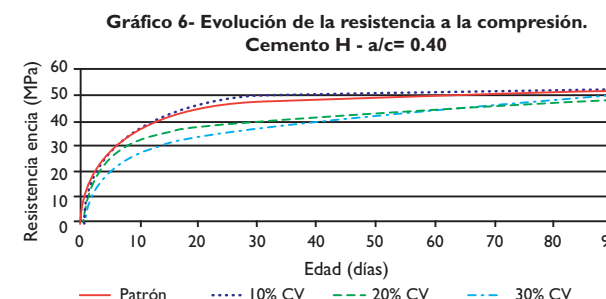
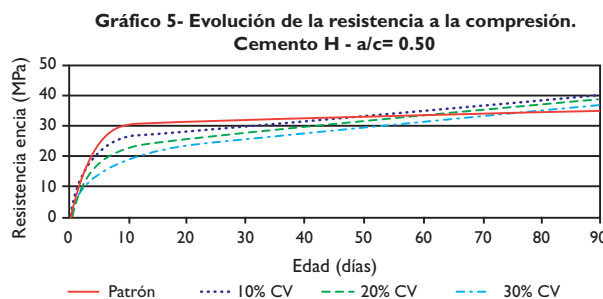
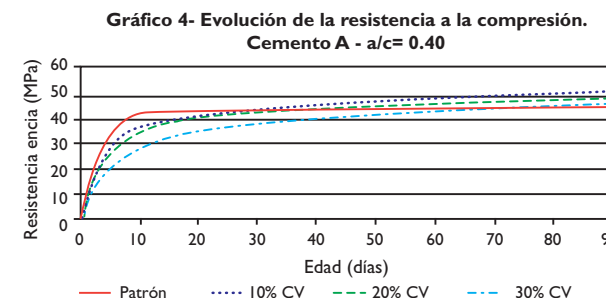
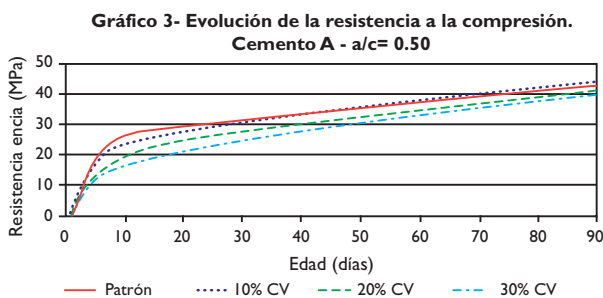
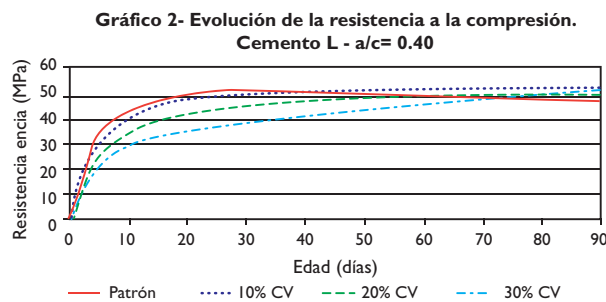
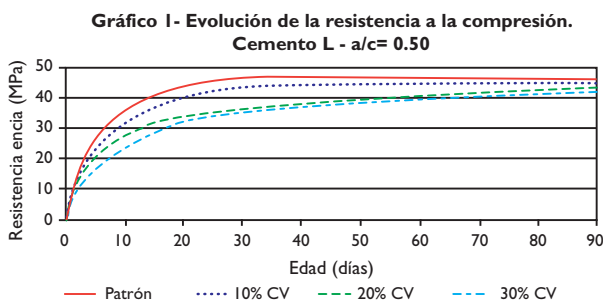
La Tabla 6 y los Gráfico 1 a 6 ilustran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión obtenidos en el laboratorio.

Los resultados obtenidos muestran un menor desarrollo de resistencia de los morteros con adición de cenizas a corta edad. A 90 días las resistencias no solo se recuperan sino que en algunos casos se obtienen valores superiores.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados informados por el laboratorio LEMIT y al análisis efectuado sobre los mismos se concluye que:

- De acuerdo a dichos requisitos, la ceniza volante puede ser clasificada como de clase F (ASTM C618) y clase B (EN 450-1).
- De acuerdo a los resultados obtenidos en morteros, tanto en estado fresco como endurecido, la ceniza volante analizada presenta un comportamiento acorde con la expe-



riencia descrita en la bibliografía internacional.

- Los ensayos realizados muestran un comportamiento satisfactorio de la ceniza volante con los tres cementos ensayados.

La intención del informe mencionado es demostrar la aptitud técnica de las cenizas volantes en los productos que se realizan con cemento, reemplazando un porcentaje del mismo por cenizas. Obteniendo así grandes ventajas y beneficios, desde la reducción de costos de producción, a la colaboración en la sustentabilidad de las construcciones con el medio ambiente por la disminución de CO<sub>2</sub> al producir productos con menos cantidad de cemento ■

Tabla 6. Resistencia a la compresión (MPa)						
Mortero	Relación 0.5			Relación 0.4		
	Edad (días)					
	7	28	90	7	28	90
<b>Cemento L</b>						
Patrón	31,2	45,8	45,4	38,1	49,1	50,3
10% CV	26,8	42,8	44,5	35,0	50,6	51,6
20% CV	22,2	35,4	43,6	29,8	44,9	49,4
30% CV	19,4	35,2	42,8	25,0	38,6	51,7
<b>Cemento A</b>						
Patrón	24,9	31,1	43,7	37,7	42,2	44,3
10% CV	21,5	30,6	44,5	31,8	43,0	49,5
20% CV	17,7	28,5	42,1	30,3	41,5	47,3
30% CV	15,1	25,1	40,5	24,1	37,1	45,7
<b>Cemento H</b>						
Patrón	27,3	32,1	34,8	32,1	44,6	48,9
10% CV	23,9	29,7	39,5	32,0	48,1	51,1
20% CV	19,7	27,3	38,5	27,4	38,7	48,2
30% CV	16,9	24,8	36,6	22,2	36,2	47,8