

TABLA 1. CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CENIZAS VOLANTES

E N S A Y E (ceniza sin moler)	Muestra 1 1969-1970	Muestra 2 1973-1974	Muestra 3 1975-1978	Límites especificados	
				Ceniza F	Ceniza C
Permeabilidad al aire cm ² /seg	3484	3234	3383	2700 mín*	2700 mín*
Finura Retenido en malla 45µm(#325)	39	41	44	34 máx	34 máx
Resistencia a compresión % de la mezcla de control	142	153	162	100 **	100 **
Actividad puzolánica con cemento Portland, a 28 días, % de la mezcla de control	70	77	80	75 mín	75 mín
Actividad puzolánica con cal, a 7 días, Kg/cm ²	33	22	24	56 mín	56 mín
Agua requerida % de la mezcla de control	112	113	111	105 máx	105 máx
Incremento de la contracción por secado, 28 días, %	0.011	0.009	-0.006	0.03 máx	0.03 máx
Sanidad, % Expansión en autoclave	-0.13	-0.01	-0.11	0.8 máx	0.8 máx
Peso específico	2.14	2.09	2.10	---	---

E N S A Y E (ceniza molida)	Muestra 1 bis 1969-1970	Muestra 2 bis 1973-1974	Muestra 3 bis 1975-1978	Límites especificados	
				Ceniza F	Ceniza C
Permeabilidad al aire, cm ² /seg	3753	3793	3737	---	---
Finura, % Retenido en malla 45µm(#325)	24	24	24	34 máx	34 máx
Actividad puzolánica con cal, a 7 días, Kg/cm ²	36	34	37	56 mín	56 mín
Peso específico	2.25	2.20	2.24	---	---

* Límite especificado por la norma JIS A6201 de Japón

** Límite especificado por la norma TS 639-1968, de Turquía

TABLA 2. CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS CENIZAS VOLANTES

DETERMINACION	Muestra 1 1969-1970	Muestra 2 1973-1974	Muestra 3 1975-1978	Límites especificados	
				Ceniza F	Ceniza C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , %	90.63	91.12	91.12	70 mín	50 mín
S O ₃ , %	0.75	1.08	0.69	5 máx	5 máx
Pérdida por calcinación, %	4.53	5.01	4.10	12 máx	6 máx
Mg O, %	0.07	0.32	0.15	5 máx	5 máx
Alcalis como Na ₂ O, %	0.51	0.56	0.66	1.5 máx	1.5 máx
Oxido de calcio, %	1.98	1.42	1.82	---	---
Humedad determinada en cenizas secadas antes del análisis, %	0.37	0.39	0.41	---	---
Humedad de la muestra co- mo se obtuvo del banco, %	17.1	16.3	12.5	3 máx	3 máx

TABLA 3 PROPIEDADES FISICAS DE LOS CEMENTOS PUZOLANICOS

E N S A Y E	Cemento 1 15% ceniza	Cemento 2 25% ceniza	Cemento 3 40% ceniza	Límites, recomendados ASTM, C 595	
				I P	P
Renido en malla 325, %	18	18	21	20, máx	20, máx
Finura	3883	3803	3843	2600, mín	2600, mín
Permeabilidad al aire, cm ² /gr	0.064	0.016	-0.024	0.50, máx	0.50 máx
Expansión en autoclave, %					
inicial, mín	140	165	200	45, mín	45 mín
Tiempo de fraguado	3:10	3:35	4:15	7, máx	7, máx
final, h					
Aire en el mortero, %	9.75	9.66	8.68	12, máx	12, máx
Resistencia a					
3 días	157	135	94	126, mín	---
7 días	215	178	134	196, mín	105, mín
28 días	288	261	184	245, mín	210, mín
Calor de hidratación					
7 días	11.66	16.33	11.75	17.2*	
28 días	19.87	18.64	22.99	24.8*	
micro cal/mg					
Agua requerida, %	57	60	64	---	64, máx
Contracción por secado, %	0.07	0.08	0.08	---	0.15, máx
Expansion del mortero, %					
14 días	0.0003	0.0091	0.0131	---	0.020, máx
8 semanas	0.0533	0.0516	0.0563	---	0.060, máx

* Se anota como referencia el calor de hidratación determinado para el cemento Portland empleado para la fabricación del cemento puzolánico.

TABLA 4 PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS CEMENTOS PUZOLANICOS

DETERMINACION	Cemento 1 15% ceniza	Cemento 2 25% ceniza	Cemento 3 40% ceniza	Límites recomendados ASTM C595 IP - P
Dióxido de silicio, % SiO ₂	24.02	28.08	33.11	---
Trióxido de azufre, % S O ₃	2.08	2.71	2.80	4 máx
Oxido de fierro, % Fe ₂ O ₃	3.84	2.60	3.36	---
Oxido de Magnesio, % Mg O	0.38	0.15	0.10	5 máx
Pérdida por calcinación, %	2.01	2.38	2.77	5 máx
Alcalis como Na ₂ O, %	1.28	1.19	1.14	---
Oxido de calcio, % CaO	57.80	47.40	38.70	---

TABLA 5 CARACTERISTICAS DE LOS MORTEROS SILICOCALCAREOS

MEZCLA	Consumo de cal, kg/m ³	Ceniza, % del total de agregados	Agua l/m ³	Resistencia a compresión Kg/cm ²	Peso volumétrico, húmedo Kg/ m ³	Peso volumétrico, seco Kg/m ³
1	225	0	180	105	1815	1660
2	233	25	270	250	1813	1599
3	250	50	375	270	1701	1444
4	189	75	319	91	1250	1035
5	195	100	390	87	1230	997
6	133	0	155	91	1811	1679
7	119	25	138	89	1579	1480
8	114	50	228	38	1370	1175
9	111	75	277	41	1241	1026
10	94	50	217	54	1397	1205
11	78	75	299	34	1208	1037
12	76	100	357	21	1220	987

TABLA 6 RESISTENCIA MECANICAS DE LOS CONCRETOS CON CENIZA EMPLEADA COMO ADITIVO

MEZCLA	RESISTENCIA A COMPRESION			TENSION	MOD. DE ELAST
	7 días kg/cm ²	28 días kg/cm ²	56 días kg/cm ²	28 días kg/cm ²	28 días kg/cm ²
1 Cemento 300 kg/m ³ Ceniza 0 kg/m ³	252	294	343	28	158000
2 Cemento 300 kg/m ³ Ceniza 45 kg/m ³	260	331	397	26	161000
3 Cemento 300 kg/m ³ Ceniza 75 kg/m ³	198	294	348	26	162000
4 Cemento 300 kg/m ³ Ceniza 120 kg/m ³	172	260	292	25	158000