

TABLA No. 1

PROPIEDADES FISICAS Y ANALISIS QUIMICOS DE LOS CEMENTOS *

DESCRIPCION DEL ENSAYE	CEMENTO TIPO I	CEMENTO TIPO II	CEMENTO TIPO V
ENSAYES FISICOS - GENERAL			
Tiempo de fraguado (aguja Vicat)			
Inicial:	2hr. 05min.	3hr. 20min.	2hr. 05min.
Final:	4hr. 20min.	6hr. 25min.	4hr. 50min.
Finura: No. 200 (pasa)	97.6%	98.4%	97.4%
Superficie específica	3490 cm ² /g	3690 cm ² /g	3300 cm ² /g
Sanidad (Autoclave)	0.170%	0.026%	0.042%
ENSAYES FISICOS - RESISTENCIA DEL MORTERO			
Resistencia a la compresión de cubos de 51 mm. a:			
3 días	211 MPa	179 MPa	149 MPa
7 días	263 MPa	232 MPa	196 MPa
28 días	340 MPa	346 MPa	317 MPa
ANALISIS QUIMICOS			
Residuo insoluble	-	-	-
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	21.0	21.5	23.8
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	5.0	4.7	2.5
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	2.4	4.0	4.5
Oxido de Calcio (CaO) total	63.2	61.2	64.0
Oxido de Magnesia (MgO)	3.1	2.6	2.5
Trióxido de azúfre (SO ₃)	2.9	2.8	1.3
Pérdida por ignición	1.1	1.6	0.5
Otros	1.3	1.6	0.9
CONSTITUYENTES			
Silicato tricalcico (C ₃ S)	52.4	40.0	51.8
Silicato dicalcico (C ₂ S)	21.0	31.0	29.1
Aluminio tricalcico (C ₃ A)	9.0	5.0	0
Aluminato férrito tetracalcico (C ₄ AF)	7.0	12.0	12.9

* Datos de ensayos proporcionados por Ontario Hydro.

TABLA No. 2

PROPORCIONAMIENTO Y PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

SERIE	NUMERO	TIPO DE CEMENTO	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGUA	REL. A/C*	AIRE INCL. %	REV. mm	DENSIDAD	ADITIVOS	
											TIPO DE SUPERPLASTIFICANTE	ml/kg. de cemento
A	1	I	299	821	1087	148	0.49	4.9	75	2354	-	0.31
	2	I	304	836	1107	120	0.40	5.4	75	2367	N	23.6
	3	I	303	832	1103	120	0.40	5.7	85	2358	N	9.1
	4	I	303	831	1101	120	0.40	5.8	75	2354	L	25.6
B	5	I	298	818	1084	147	0.49	5.2	75	2348	-	0.31
	6	I	303	834	1105	120	0.40	5.6	80	2362	M	23.6
	7	I	302	830	1099	120	0.40	6.0	70	2350	N	9.1
	8	I	303	833	1103	120	0.40	5.6	80	2360	L	25.6
C*	9	II	299	820	1087	147	0.49	4.9	85	2354	-	0.31
	10	II	303	834	1105	120	0.40	5.6	90	2362	M	22.0
	11	II	305	839	1111	121	0.40	5.3	75	2377	N	7.5
	12	II	306	842	1115	121	0.40	4.8	75	2385	L	22.4
	13	V	299	821	1088	144	0.48	5.4	90	2352	-	0.24
	15	V	304	836	1107	117	0.38	5.4	75	2364	M	22.0
	16	V	306	842	1115	118	0.38	5.3	80	2381	N	9.1
	17	V	306	841	1114	118	0.38	5.2	85	2379	L	20.5
B ¹	18	I	298	817	1082	147	0.49	5.3	80	2344	-	0.31
	19	I	304	835	1106	120	0.40	5.4	75	2365	M	23.6
	20	I	303	832	1102	120	0.40	6.0	80	2357	N	9.1
	20	I	305	839	1111	121	0.40	5.4	40	2377	L	25.6

* Relación agua/cemento por peso.
** Aditivo inductor de aire.

TABLA No. 3

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO - MEDICIONES DEL FLUJO PLASTICO

SERIE	NUEVO	MEDICIONES DE FLUJO PLASTICO *				
		f'c a 28 días kg/cm ²	f'c a 63 días kg/cm ²	ESFUERZO APLICADO kg/cm ²	RELACION ESFUERZO RESISTENCIA	DEFORMACION TOT. POR FLUJO PLASTICO DES- PUES DE 72 DIAS
B1	17	350	381	155	0.44	770
	18	461	518	200	0.43	820
	19	483	521	207	0.43	761
	20	469	496	202	0.43	807

* Todas las mediciones se hicieron sobre cilindros de 150 X 300 mm

TABLA No. 4

PROPIEDAD DEL CEMENTO ENDURECIDO - RESISTENCIA, MODULO DE ELASTICIDAD Y MEDICIONES DE CONTRACCION

SERIE	TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) Kg/cm ²		RESISTENCIA A LA FLEXION Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD Kg/cm ² X 10 ⁵	MEDICIONES DE CONTRACCION	
		7 DIAS	28 91 DIAS			ALMACENADO EN LUGAR - SECO DURANTE DIAS	PERDIDA DE HUMEDAD %
B	Referencia (cemento tipo I)	273	334 385	62	3.3	112	0.037
	Cemento tipo I + SP-M*	380	449 495	71	3.8	112	0.040
	Cemento tipo I + SP-N	362	400 485	71	3.8	112	0.042
	Cemento tipo I + SP-L	370	434 509	67	3.7	112	0.042
C	Referencia (cemento Tipo II)	261	373 432	61	3.3	112	0.041
	Cemento tipo II + SP-M	370	485 561	70	3.8	112	0.037
	Cemento tipo II + SP-N	376	485 569	73	3.8	112	0.038
	Cemento tipo II + SP-L	357	485, 569	74	3.7	112	0.039
D	Referencia (cemento tipo V)	195	328 387	51	3.3	112	0.040
	Cemento tipo V + SP-M	325	411 471	63	3.7	112	0.037
	Cemento tipo V + SP-N	336	428 495	58	3.6	112	0.039
	Cemento tipo V + SP-L	334	432 513	63 -	3.6	112	0.039

* Superplastificante

TABLA No. 5

ENSAYES DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO A CONCRETOS DE REFERENCIA Y SUPERPLASTIFICADOS - CEMENTO TIPO I

REV. No.	SUPERPLAS TIFICANTE	NUMERO DE CICLOS AL CONCLUIR ENSA YES DE CONGELA- MIENTO Y DESHIELO	MODULO DINAMICO		E _o , %	NUMERO DE CICLOS 60% E _o	VELOCIDAD DE PULSO		FACTOR DE DURABILIDAD 300 CICLOS	CAMBIO EN PESO, %	CAMBIO DE LONGITUD, %
			E _o	E _f			V _o	V _f			
5-1*	-	82	38.9	33.8	88.7	-	4570	4420	-	-3.41	+0.0561
5-2	-	300	39.9	27.9	71.3	-	4570	4520	69.9	-3.90	+0.0442
6-1	SP-M	300	43.5	31.3	73.2	-	4730	4150	71.8	-2.13	+0.1642
6-2	SP-M	300	44.9	28.4	64.4	-	4730	4370	63.2	-2.44	+0.1404
PROMEDIO		300	44.2	29.9	68.8	-	4730	4260	67.5	-2.29	+0.1523
7-1	SP-N	245	43.9	24.7	57.2	237	4730	4370	47.4	-1.22	+0.1165
7-2	SP-N	227	43.6	23.8	55.5	215	4780	4020	43.0	-1.11	+0.2042
8-1	SP-L	300	42.6	28.3	67.9	-	4780	4230	66.6	-1.86	+0.1179
8-2	SP-L	300	43.1	22.5	53.2	285	4730	3870	57.0	-1.69	+0.1635
PROMEDIO		300	42.8	25.4	60.6	-	4760	4050	61.8	-1.78	+0.1407

* NOTA: Un aumento en la frecuencia resonante fundamental a los 116 ciclos fue causado al quebrarse un pedazo del extremo, por lo tanto, se retiró el espécimen del ensaye.

TABLA No. 6

ENSAYE DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO A CONCRETOS DE REFERENCIA Y SUPERPLASTIFICADOS - CEMENTO TIPO II

REV. No.	SUPERPLAS TIFICANTE	NUMERO DE CICLOS AL CONCLUIR ENSA YES DE CONGELA- MIENTO Y DESHIELO	MODULO DINAMICO		E _o , %	NUMERO DE CICLOS 60% E _o	VELOCIDAD DE PULSO		FACTOR DE DURABILIDAD 300 CICLOS	CAMBIO EN PESO, %	CAMBIO DE LONGITUD, %
			E _o	E _f			V _o	V _f			
9-1	-	200	38.4	22.5	60.0	200	4620	4470	40.0	-3.40	+0.0540
9-2	-	300	37.2	24.1	64.7	45	4570	4370	64.7	-5.36	+0.0737
10-1	SP-M	300	42.3	36.6	86.5	-	4370	4620	86.5	-1.40	+0.0582
10-2	SP-M	300	43.4	35.3	81.2	-	4780	4420	81.2	-1.51	+0.0547
PROMEDIO		300	42.9	36.0	83.9	-	4760	4520	83.9	-1.46	+0.0565
11-1	SP-N	300	43.8	21.1	48.0	275	4780	3600	55.0	-1.60	+0.2632
11.2	SP-N	300	43.5	26.2	60.2	-	4780	4190	60.2	-1.27	+0.1284
PROMEDIO		300	43.7	23.7	54.1	-	4780	3900	57.6	-1.44	+0.1958
12-1	SP-L	300	42.1	27.2	64.4	-	4780	4520	64.4	-1.90	+0.0758
12-2	SP-L	300	43.4	24.9	57.4	289	4730	4420	57.8	-1.90	+0.0723
PROMEDIO		300	42.7	26.1	61.0	-	4760	4470	61.2	-1.90	+0.0741

TABLA No. 7

ENSAJE DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO A CONCRETOS DE REFERENCIA Y SUPERPLASTIFICADOS - CEMENTO TIPO V

REV. No.	SUPERPLASTIFICANTE	NUMERO DE CICLOS AL CONCLUIR ENSAYES DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO	MODULO DINAMICO $\text{kg/cm}^2 \times 10^4$		E_o , %	NUMERO DE CICLOS 60% E_o	VELOCIDAD DE PULSO		FACTOR DE DURABILIDAD 300 CICLOS	CAMBIO EN PESO, %	CAMBIO DE LONGITUD, %
			E_o	E_f			V_o	V_f			
13-1	-	283	37.4	21.1	56.4	257	4570	4420	51.4	-4.59	+0.0484
13-2	-	300	36.3	21.8	60.1	-	4570	4370	60.1	-5.10	+0.0646
14-3	SP-M	148	43.1	24.7	57.2	144	4780	4470	28.8	-0.17	+0.0870
14-4	SP-M	185	42.1	19.7	46.7	159	4780	4230	31.8	-0.67	+0.1411
15-1	SP-N	204	43.1	25.8	58.5	201	4780	4520	40.2	-0.44	+0.0877
15-2	SP-N	152	44.5	21.7	48.9	126	4840	4420	25.2	-0.22	+0.1165
16-1	SP-L	152	42.6	21.5	50.4	127	4780	4420	25.4	-0.06	+0.0856
16-2	SP-L	175	43.1	21.5	49.9	154	4780	4370	30.8	-0.50	+0.0940

TABLA No. 8

CARACTERISTICAS DE LAS BUBUJAS DE AIRE EN EL CONCRETO ENDURECIDO

REV. No.	SUPERPLASTIFICANTE		NUMERO DE HUECOS	LONG. DE LA TRANSVERSAL mm	CONVENIO DE PASTA, %	BUBUJAS EN EL CONCRETO, %	SUPERFICIE ESPECIFICA DE BUBUJAS		FACTOR DE ESPACIAMIENTO DE BUBUJAS ***
	NOBRE	ml/kg de CEMENTO					mm^{-1}	in^{-1}	
5-1	NINGUNO (CONTROL)	0.0	1734	2743	24.2	5.9	16.451	418	0.258
5-2	NINGUNO (CONTROL)	0.0	1717	2718	24.2	6.0	16.609	422	0.253
6-1	SP-M	23.6	1717	2713	21.6	6.5	7.839	199	0.489
6-2	SP-M	23.6	1717	2718	21.6	5.0	12.257	311	0.353
7-1	SP-N	9.1	1700	2692	21.6	5.8	9.174	233	0.440
7-2	SP-N	9.1	1734	2743	21.6	5.6	8.637	219	0.477
8-1	SP-L	25.6	1616	2565	21.6	5.3	13.661	347	0.308
8-2	SP-L	25.6	1717	2718	21.6	4.6	15.063	383	0.299
9-1	NINGUNO (CONTROL)	0.0	1717	2718	24.3	3.7	20.046	509	0.263
9-2	NINGUNO (CONTROL)	0.0	1734	2743	24.2	4.6	16.352	415	0.290
10-1	SP-M	22.0	1616	2565	21.6	4.5	9.958	253	0.459
10-2	SP-M	22.0	1616	2565	21.6	4.5	11.600	295	0.394
11-1	SP-N	7.5	1616	2565	21.8	4.7	10.559	268	0.424
11-2	SP-N	7.5	1717	2718	21.8	4.5	8.887	226	0.515
12-1	SP-L	22.4	1616	2565	21.8	4.3	13.891	353	0.337
12-2	SP-L	22.4	1632	2591	22.0	5.6	12.989	330	0.318

* Calculado a partir del proporcionamiento

** Límite mínimo de 23.600 mm^{-1} o 600 pulg^{-1}

*** Límite máximo de 0.200 mm o 0.008 pulg. (Norma CSA A23.1, 9.4.2)

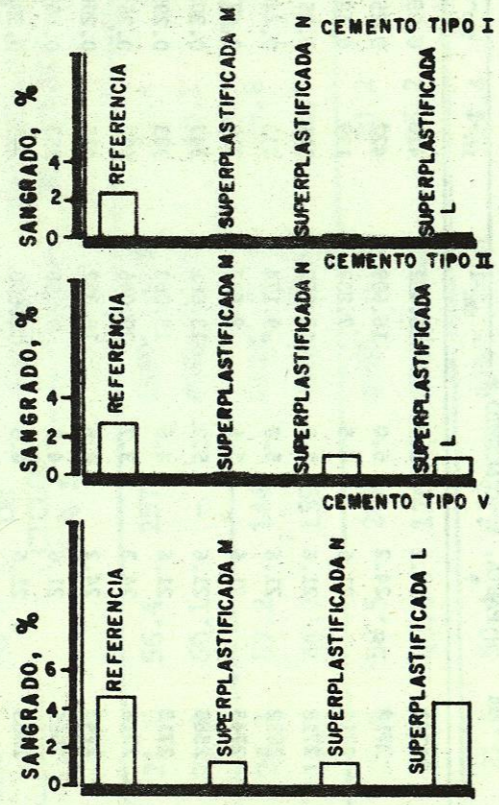


FIGURA 1. CARACTERISTICAS DE SANGRADO PARA CONCRETOS DE REFERENCIA Y SUPERPLASTIFICADOS.

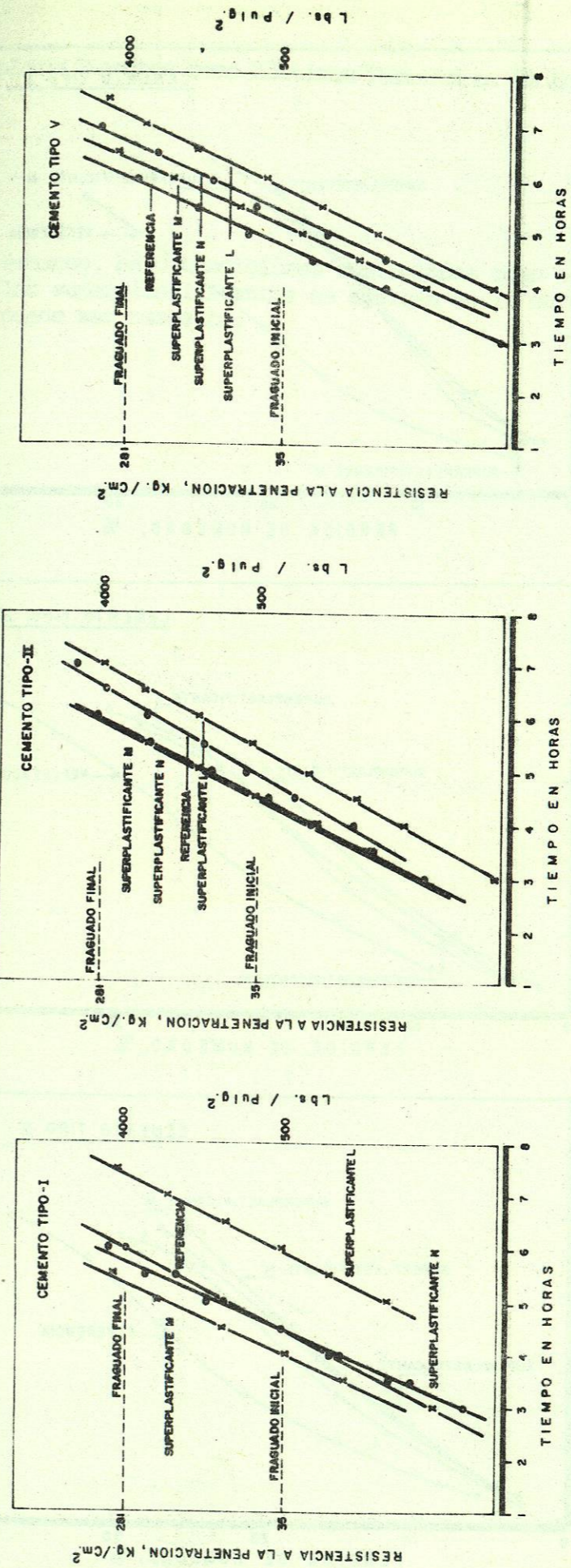


FIG. 2 CARACTERISTICAS DEL TIEMPO DE FRAGUADO PARA CONCRETOS DE REFERENCIA Y SUPERPLASTIFICADOS.