

FIG. 6.- RELACION ENTRE LA RESISTENCIA EN EL LIMITE ELASTICO A FLEXION Y LA RELACION A/C PARA DISTINTOS CONTENIDOS DE FIBRA DE VIDRIO DE 13 mm.

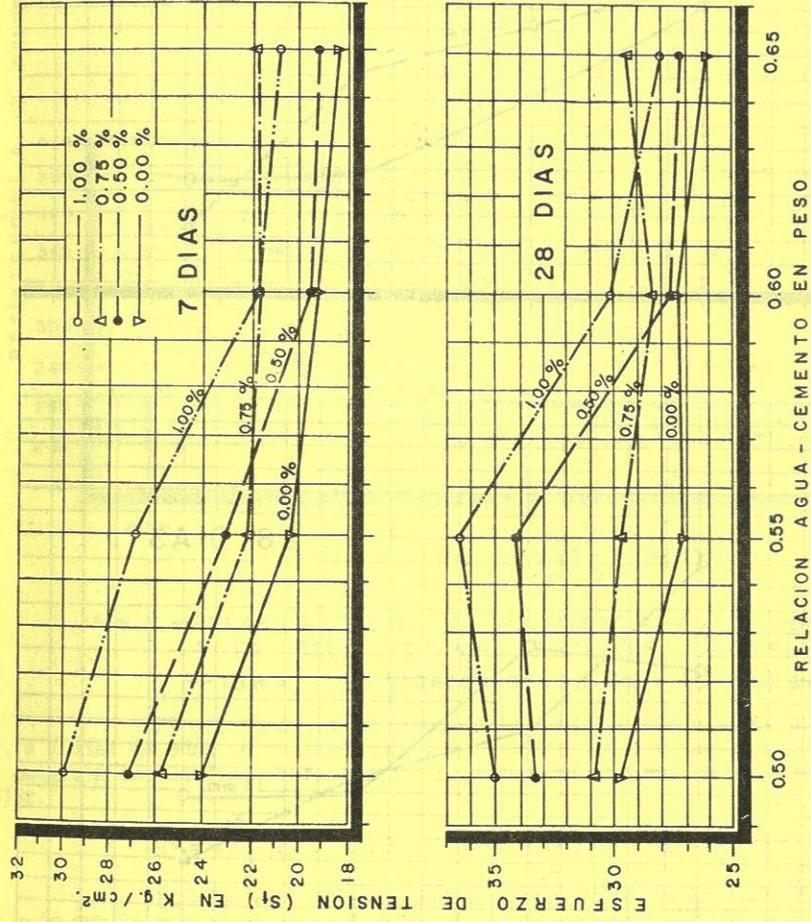


FIG. 7.- RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL Y LA REL. A/C. PARA DISTINTOS CONTENIDOS DE FIBRA DE VIDRIO DE 13 mm. DE LONGITUD.

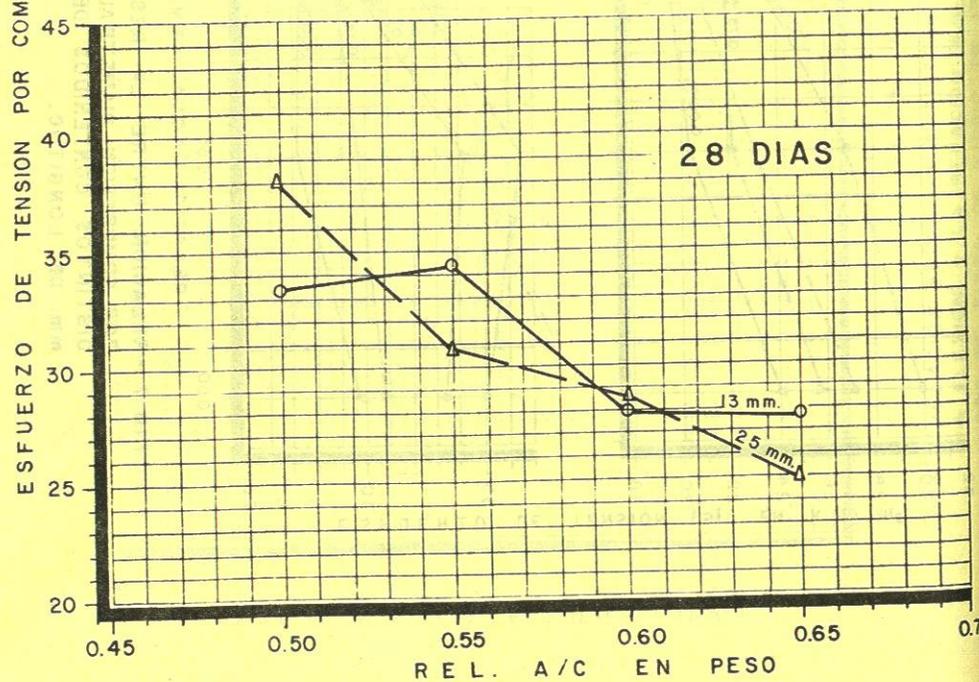
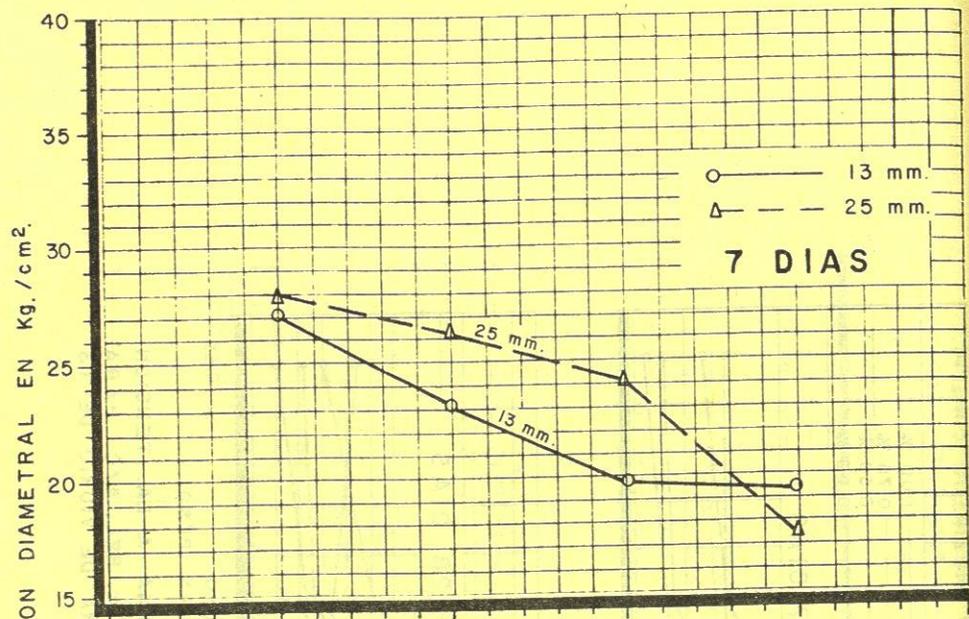


FIG. 8.- RELACION ENTRE EL ESFUERZO DE TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL Y LA REL. A/C PARA 0.5 % DE CONTENIDO DE FIBRA DE VIDRIO.

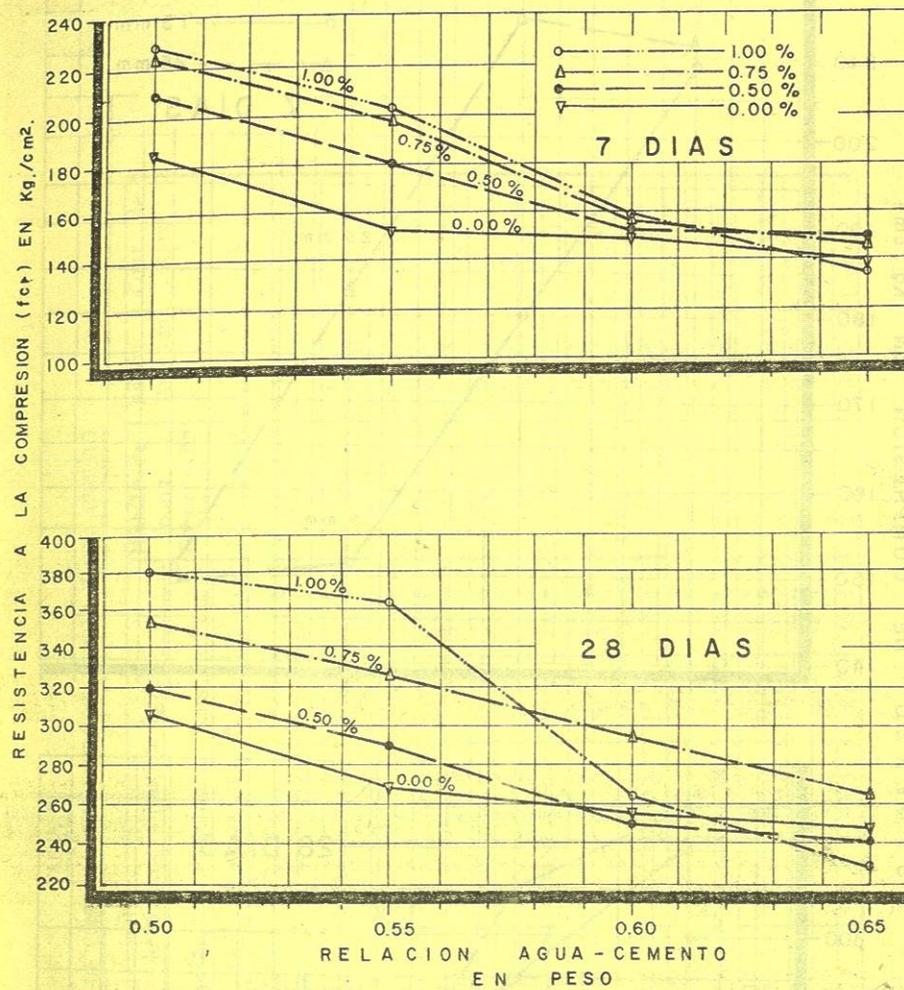


FIG. 9.- RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y LA REL. A/C PARA DISTINTOS CONTENIDOS DE FIBRA DE VIDRIO DE 13 mm. DE LONGITUD.

El efecto de la longitud de la fibra se puede apreciar en la figura 10, a 7 días de edad se obtienen mayores resistencias con una longitud de 25 mm -- (1 pulg); a los 28 días, este aumento sólo se mantiene en las relaciones A/C más bajas.

d).- Módulo de elasticidad de Young en compresión.

El Módulo de Elasticidad de Young (ASTM secante a 0.4 fcr) de acuerdo a lo que se muestra en la tabla No. 7, en el concreto sin fibra varía de 311 a 323 x 10³ kg/cm², conforme aumenta el contenido de fibra (longitud igual a 13 mm (1/2 pulg), disminuye a un valor promedio de 290 x 10³ kg/cm² para 0.5% de contenido, y a 258 x 10³ kg/cm² para contenidos de 0.75 y 1.0%. Para fibra con longitud de 25 mm (1 pulg) hay también, una tendencia a disminuir con el aumento de volumen de fibra.

e).- Razón de Poisson.

La razón de Poisson en el concreto sin fibra varió de 0.19 a 0.24 y en el concreto con fibra de 13 mm (1/2 pulg), los valores fluctuaron entre 0.18 y

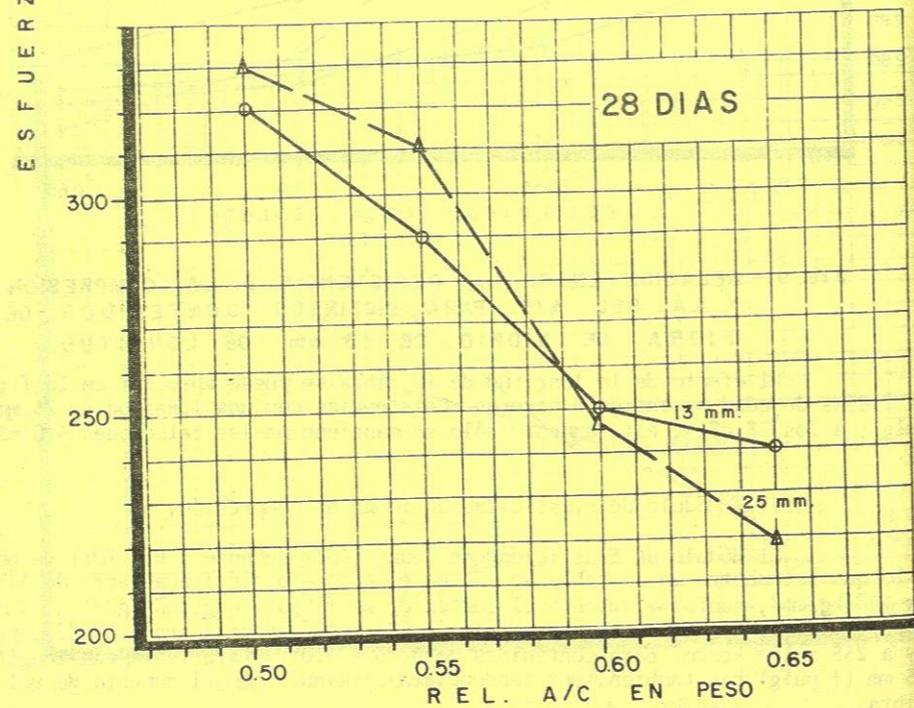
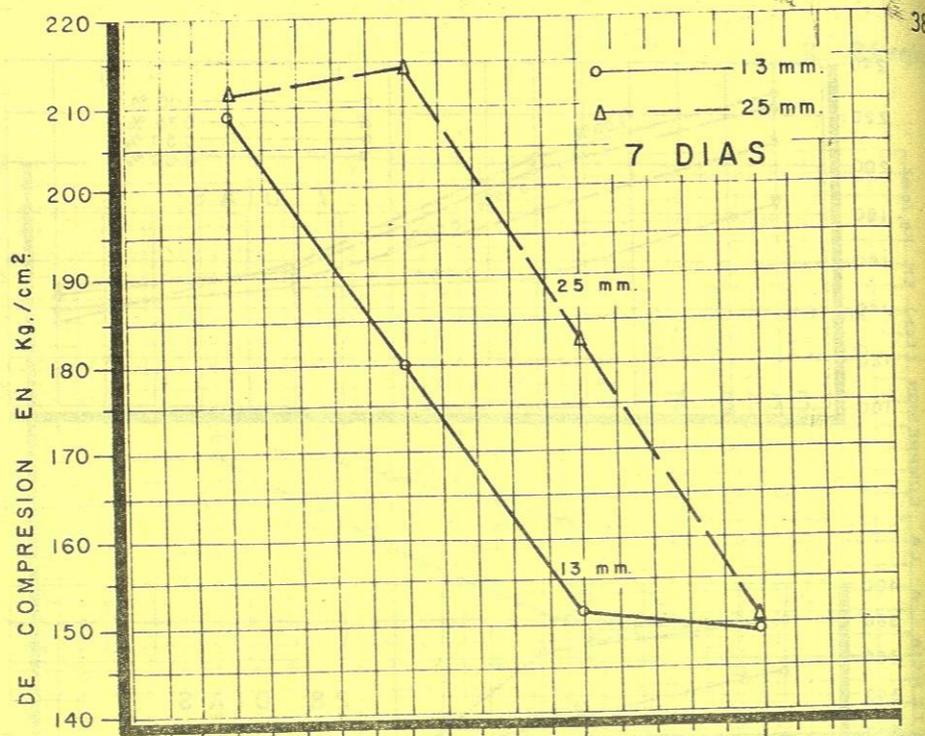


FIG.10.-RELACION ENTRE EL ESFUERZO DE COMPRESION Y LA REL. A/C PARA UN CONTENIDO DE FIBRA DE VIDRIO DE 0.5 % .

TABLA 7
RESULTADOS DE ENSAYES DE CONCRETO CON FIBRA DE VIDRIO E CON APRESIO

Cont. fibra en Vol. %	Rel. A/C en peso	Rev. en cm	Peso Vol. Pres. co kg/m ³	Docil. li. dad* 0-4	Consu. mo Cem. kg/m ³	Resistencia Máxima kg/cm ²			Razón Poisson	Cont. de Aire %				
						Flexión		Módulo de Young Compresión ASTM 10 ⁵ kg/cm ²						
						7 días	28 días				7 días	28 días		
SIN FIBRA DE VIDRIO														
0	0.50	5.5	2259	4	384	167	310	35.6	50.0	27.5	29.8	311	0.21	4.9
	0.55	4.8	2264	4	409	152	270	34.3	48.3	20.3	27.3	319	---	3.8
	0.60	5.0	2266	4	324	150	255	30.2	44.1	23.8	27.6	316	0.24	5.0
	0.65	5.0	2273	4	293	138	247	27.0	45.7	18.2	26.5	323	0.19	5.3
LONGITUD DE FIBRA = 13 mm														
0.50	0.50	5.0	2245	3	448	209	321	38.5	51.4	27.2	33.3	313	0.24	5.6
	0.55	5.0	2238	3	419	180	292	35.6	48.7	23.1	34.3	255	0.18	6.0
	0.60	5.0	2230	3	381	153	251	31.4	48.5	19.7	27.9	287	0.22	7.0
	0.65	5.0	---	2	373	149	240	27.8	46.9	19.4	27.6	301	0.23	4.6
0.75	0.50	6.0	2119	1	510	223	347	36.3	51.7	25.8	30.8	266	0.25	6.0
	0.55	5.0	2140	2	455	197	328	39.2	51.8	22.1	29.9	267	0.22	5.9
	0.60	5.5	2161	1	417	157	296	33.5	45.4	21.6	28.7	253	0.20	5.2
	0.65	4.0	2147	1	385	146	265	29.8	47.9	19.9	30.0	244	0.23	5.1
1.00	0.50	3.5	2168	1	548	228	380	41.2	53.2	29.5	35.0	283	0.23	5.0
	0.55	4.7	2105	2	497	202	364	45.2	52.5	26.9	36.7	268	0.24	6.0
	0.60	5.5	2098	2	465	150	265	33.7	44.5	21.7	30.4	238	0.24	5.5
	0.65	5.0	2084	2	424	133	229	31.0	45.3	19.0	28.4	244	0.23	6.0
LONGITUD DE FIBRA = 25 mm														
0.5	0.50	2.0	2094	0	470	211	329	42.8	61.0	27.8	38.1	266	0.26	5.0
	0.55	4.0	2140	1	427	214	314	38.2	47.5	26.5	30.8	---	---	6.0
	0.60	4.0	2175	1	392	182	248	35.0	44.0	24.2	28.5	273	0.16	5.8
	0.65	4.5	2098	2	377	150	219	28.7	41.7	17.5	24.9	208	0.16	7.0
0.75	0.50	2.0	2133	0	510	239	350	40.3	51.3	29.7	35.4	241	0.22	5.1
	0.50	2.5	2098	0	546	207	327	45.9	50.5	28.3	36.1	235	0.23	6.0

* Grados de docilidad: 4, muy dócil; 3, dócil; 2, regularmente dócil; 1, poco dócil y 0, no es dócil.

C.25.

V.- MORTERO CON FIBRA DE VIDRIO.

1.- Materiales, preparación y curado de los especímenes.

Con el fin de poder conocer el efecto de la edad en la resistencia a la compresión y a la tensión por compresión diametral de morteros, se fabricaron 4 series de 54 especímenes cada una, para ensayar 3 a cada edad seleccionada. La mitad de ellos, fueron cubos de 5.0 cm (2 pulg), para determinar el esfuerzo de compresión y la otra mitad, cilindros de 5.0 x 10.0 cm (2 x 4 pulg) para ensayarse a la tensión por compresión diametral. Las características de cada serie se muestran en la tabla 8. Se utilizó como agregado arena Ottawa y una relación A/C de 0.485. A los especímenes se les agregó un 10% de fibra de vidrio de 13 mm (1/2 pulg), en peso del cemento. En dos de las series, se usó cemento Portland con un contenido de álcalis de 0.74% y en las otras dos, cemento Portland con Escoria de Alto Horno con 0.444% de álcalis totales.

Los cubos fueron fabricados de acuerdo a la norma ASTM C 109-73, los cilindros en forma similar, pero compactándolos con 25 penetraciones de varilla lisa de 1.0 cm (3/8 pulg) de diámetro, en cada tercio.

Después de 24 horas de permanecer en un cuarto de curado a 23°C, fueron retirados de los moldes; los de las series 3 y 4 se sumergieron en recipientes con agua dejándose curar en forma normal; los de las series 1 y 2, se colocaron dentro de bolsas de polietileno que una vez selladas, fueron introducidas en un tanque con agua caliente a temperatura constante de 91°C hasta el momento del ensaye.

2.- Métodos de ensaye.

Todos los especímenes fueron extraídos del tanque con agua caliente, dos horas antes del ensaye para su enfriamiento.

Los ensayos a compresión de los cubos se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C 109-73, y los de tensión por compresión diametral en forma similar a la norma ASTM C 496-71.

3.- Resultados de los ensayos.

a) Resistencia a compresión.- El comportamiento a compresión con la edad se aprecia en la figura 11. Para ambos tipos de cemento, curados a 91°C en medio húmedo, después de alcanzar un valor máximo, a edades entre 4 y 7 días, hay una disminución de resistencia hasta los 12 a 13 días incrementándose de nuevo después de esta edad.

Para curado normal figura 13, hasta edades del orden de 28 días, se alcanza la resistencia máxima. Después de esta edad hay una disminución de este esfuerzo hasta los 120 días para el cemento Portland con Escoria de Alto Horno hasta los 120 días para el Portland I. El comportamiento para mayor edad no se ha determinado a la fecha.

TABLA 8

SERIES DE ENSAYES PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA EDAD EN LA RESISTENCIA DE MORTEROS CON FIBRA DE VIDRIO.

SERIE	TIPO DE CEMENTO	TEMP. CURADO °C
1	Portland I	91
2	Portland con Escoria de Alto Horno.	91
3	Portland I	23
4	Portland con Escoria de Alto Horno.	23

b) Resistencia a tensión por compresión diametral. El comportamiento bajo condiciones de curado a 91°C en medio húmedo y curado normal a 23°C, según se observa en las figuras 12 y 14, es similar al de compresión, sólo que el valor máximo se alcanza a 60 días.

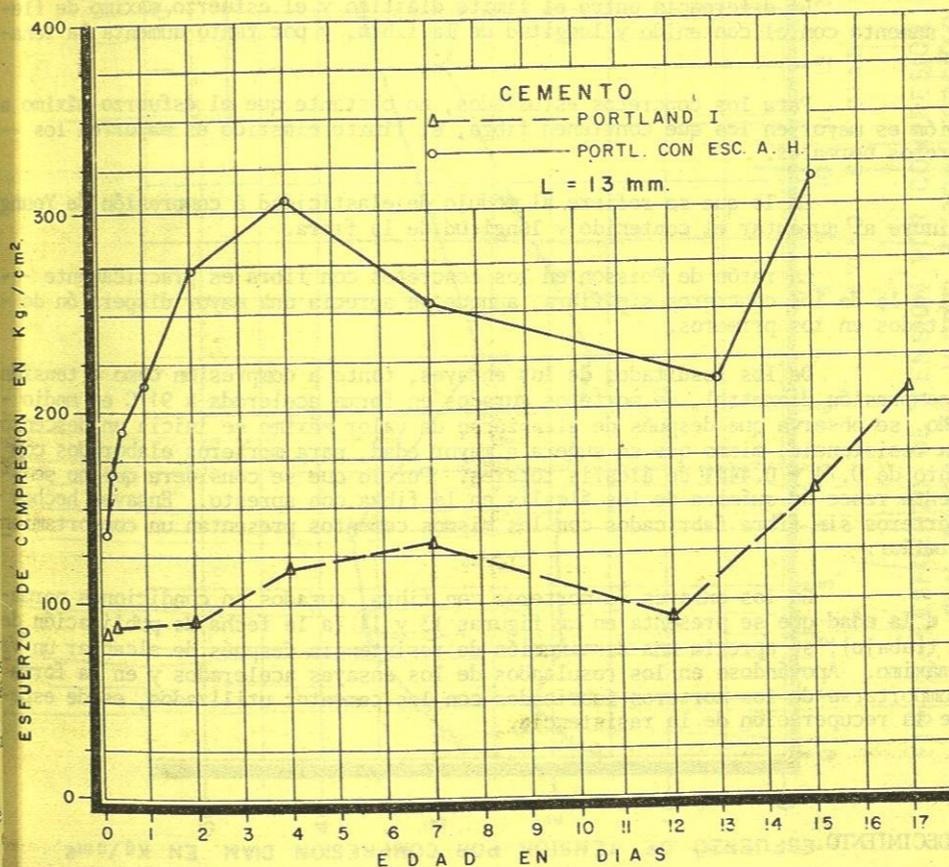


FIG. 11.- ESFUERZO DE COMPRESION EN MORTEROS CON FIBRA DE VIDRIO E CON APRESTO CURADOS A 91°C.

VI.- CONCLUSIONES.

La fibra tiene un efecto adverso en la docilidad y en la consistencia del concreto fresco conforme aumenta el contenido y la longitud.

Para agregado grueso áspero, del tipo utilizado, y tamaño máximo 10 mm (3/8 pulg) es difícil lograr, económicamente, una docilidad y revenimiento adecuados con contenidos de fibra mayores del 1% y 25 mm (1 pulg) de longitud. Conforme aumenta el tamaño de la fibra hay tendencia a romperse durante el mezclado y se dificulta la obtención de un concreto uniforme.

En general, al aumentar el contenido de fibra, se logran buenos resultados en la resistencia a la flexión, tensión por compresión diametral y compresión para relaciones agua-cemento menores de 0.55 a edades de 7 y 28 días. Para relaciones agua-cemento mayores, los resultados obtenidos no definen su comportamiento.

La diferencia entre el límite elástico y el esfuerzo máximo de flexión aumenta con el contenido y longitud de la fibra, y por tanto aumenta la tenacidad.

Para los concretos estudiados, no obstante que el esfuerzo máximo de flexión es mayor en los que contienen fibra, el límite elástico es mayor en los concretos normales.

En lo que se refiere al módulo de elasticidad a compresión de Y disminuye al aumentar el contenido y longitud de la fibra.

La razón de Poisson en los concretos con fibra es prácticamente igual a la de los concretos sin fibra, aunque se aprecia una mayor dispersión de resultados en los primeros.

De los resultados de los ensayos, tanto a compresión como a tensión por compresión diametral, de morteros curados en forma acelerada a 91°C en medio húmedo, se observa que después de alcanzarse un valor máximo se inicia un descenso en la resistencia, mismo que se supera a mayor edad, para morteros elaborados con cemento de 0.74 y 0.444% de álcalis totales. Por lo que se considera que no se presenta reacción química de los álcalis en la fibra con apresto. Ensayos hechos en morteros sin fibra fabricados con los mismos cementos presentan un comportamiento similar.

En los ensayos de morteros con fibra, curados en condiciones normales, a la edad que se presenta en las figuras 13 y 14 (a la fecha de publicación de este trabajo), se aprecia una disminución de resistencia después de alcanzar un valor máximo. Apoyándose en los resultados de los ensayos acelerados y en la forma de comportarse de los morteros fabricados con los cementos utilizados, es de esperarse la recuperación de la resistencia.

AGRADECIMIENTO.

Quiero hacer mención a la colaboración activa y entusiasta de

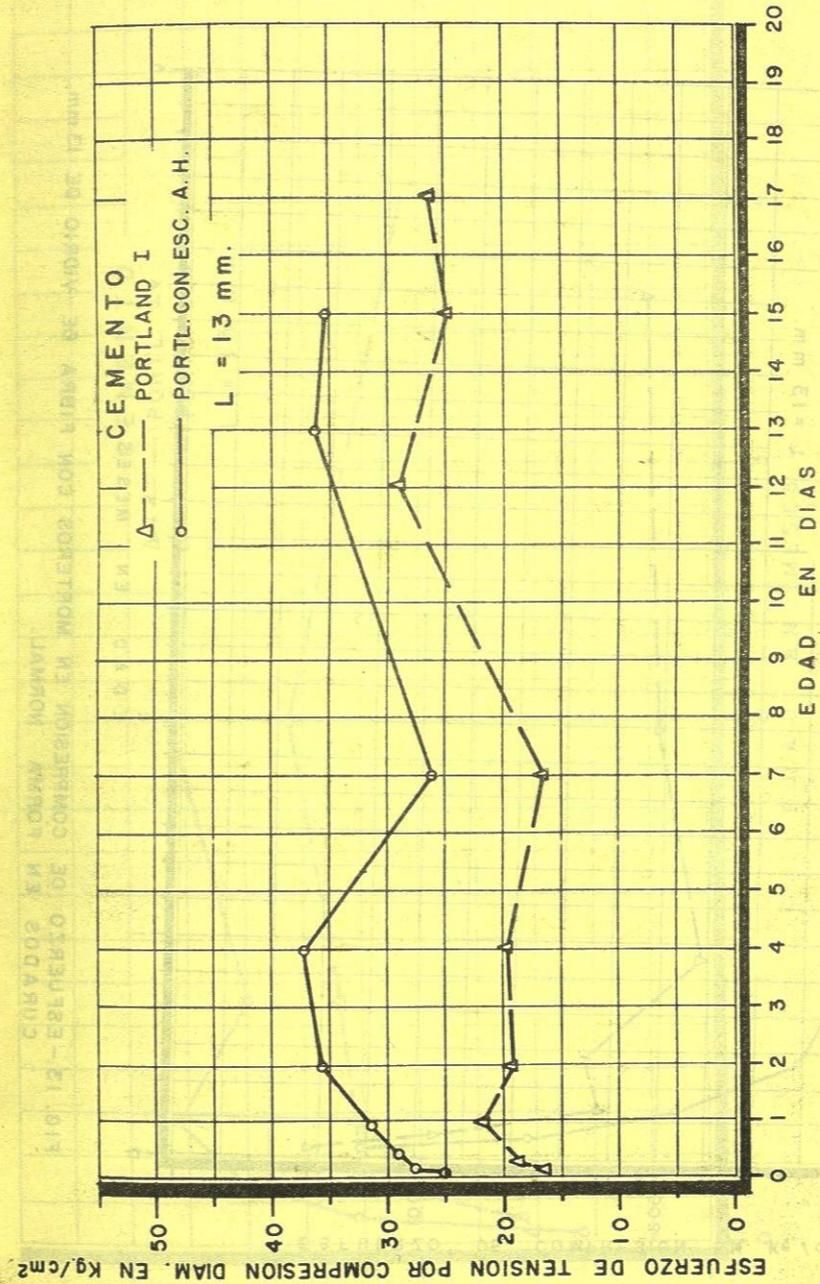


FIG. 12.- ESFUERZO DE TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL EN MORTEROS CON FIBRA DE VIDRIO E CON APRESTO, CURADOS A 91°C.

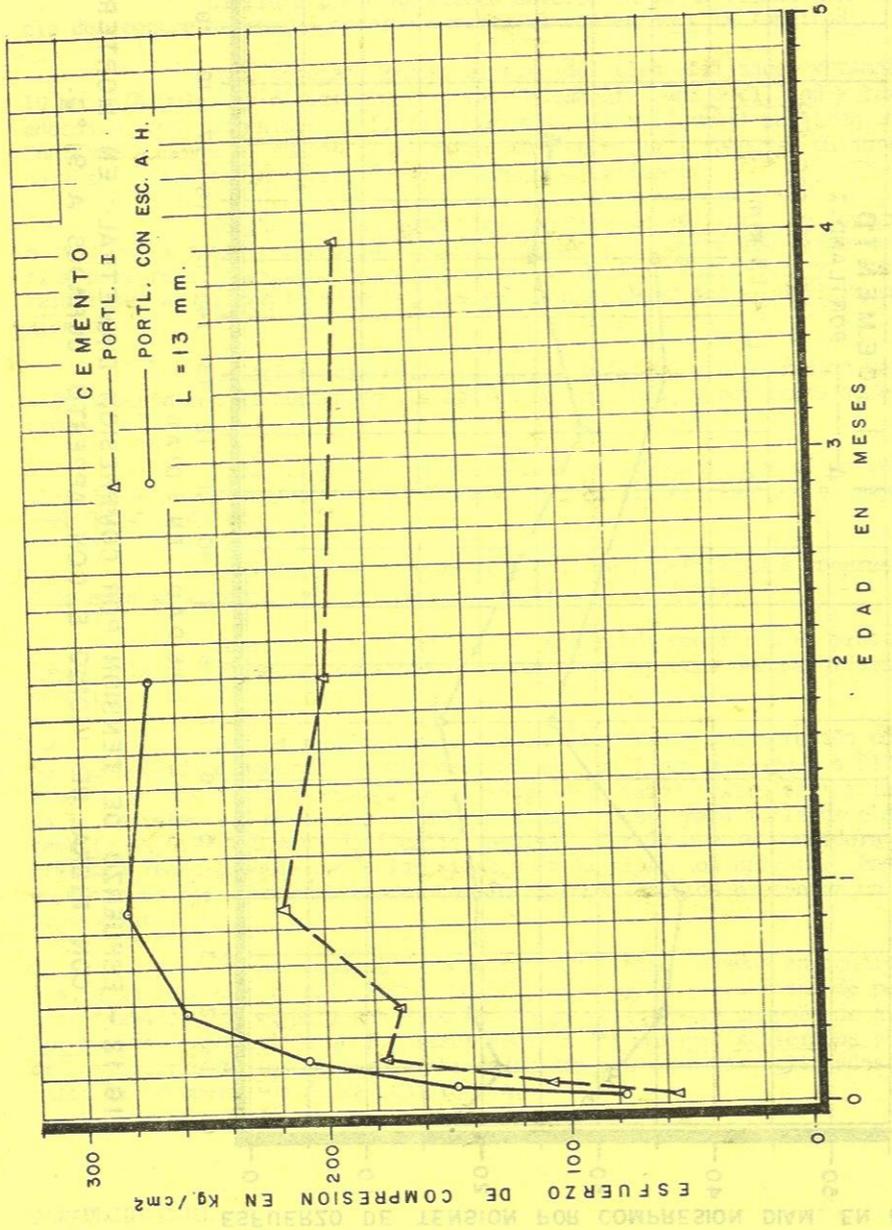


FIG. 13.-ESFUERZO DE COMPRESION EN MORTEROS CON FIBRA DE VIDRIO DE 13 mm. CURADOS EN FORMA NORMAL.

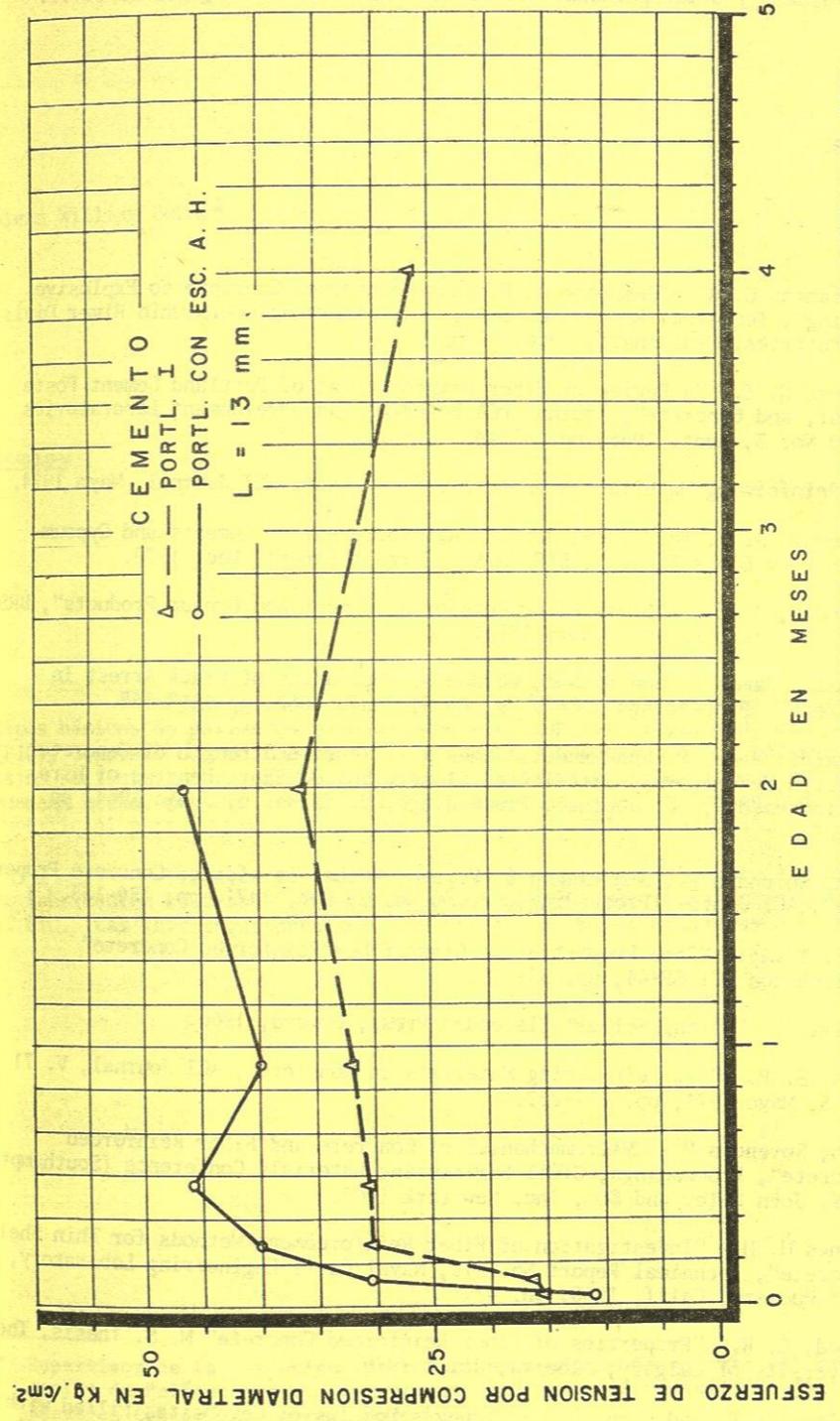


FIG. 14.-ESFUERZO DE TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL EN MORTEROS CON FIBRA DE VIDRIO DE 13 mm. CURADOS EN FORMA NORMAL.

ingenieros Rodolfo Meza y Gregorio Farías para la realización de este trabajo, como de los estudiantes de Ingeniería Civil: Enrique F. Galindo, Francisco Rangel y Ricardo Valdes, y demás personal técnico del Instituto de Ingeniería Civil.

REFERENCIAS.

- 1.- Williamson G. R.- "Response of Fibrous-Reinforced Concrete to Explosive Loading", Technical Report No. 2-48, U. S. Army Engineers Ohio River Division Laboratories, Cincinnati, 1966, 77 pp.
- 2.- Monfore G. E.- "A Review of Fiber Reinforcement of Portland Cement Paste Mortar, and Concrete", Journal PCA Research and Development Laboratories V. 10 No. 3, Sept. 1968, pp. 43-49.
- 3.- New Reinforcing Materials in Concrete S. P. Shah. ACI Journal, Mayo 1974.
- 4.- Majumdar, A. J. and Ryder, J. F.- "Reinforcement of Cements and Gypsum Plaster by Glass Fibers", BRS (U.K.) Current Papers, Dec. 1970.
- 5.- Majumdar, A. J.,- "Glass Fiber Reinforced Cement and Gypsum Products", BRS (U.K.) Current Papers. Apr. 1971.
- 6.- Romualdi, James P. and Batson, Gordon B. "Mechanics of Crack Arrest in Concrete" Proceedings ASCE V 89, Em 3, Junio 1963, pp. 147-168.
- 7.- Romualdi, James P. and Mandel, James A.- "Tensile Strength of Concrete Affected by Uniformly Distributed Closely Spaced Short Lengths of Wire Reinforcement", ACI Journal, Proceedings, V. 61 No. 6, Junio 1964, pp. 657-671.
- 8.- Shah, Surendra P., and Rangan B. Vijaya, "Fiber Reinforced Concrete Properties", ACI Journal Proceedings, V. 68 No. 2, Feb. 1971, pp. 126-135.
- 9.- Junji Takagi, "Some Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete" Publication ACI SP-44, pp. 93-111.
- 10.- Kelly, A.- "Strong Solids" Clarendon Press, Oxford, 1966.
- 11.- Shah, S. P.- "New Reinforcing Materials in Concrete", ACI Journal, V. 71 No. 5, Mayo 1974, pp. 257-262.
- 12.- Shah, Surendra P.- "Micromechanics of Concrete and Fiber Reinforced Concrete", Proceedings, Civil Engineering Materials Conference (Southampton 1969) John Wiley and Son, Inc. New York 1969.
- 13.- Haynes H. H.- "Investigation of Fiber Reinforcement Methods for Thin Sheet Concrete", Technical Report No. 979, Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif, 1968, pp. 47.
- 14.- Blood, G. W.- "Properties of Fiber Reinforced Concrete" M. S. Thesis, The University of Calgary, Alberta, Julio 1970.
- 15.- Nielsen, L.E. and Chen, P.E.- "Young's Modulus of Composites Filled with Randomly Oriented Fibers" Journal of Materials, V. 3, No. 2, Junio 1968, pp. 352-358.

PROGRESOS EN LAS INVESTIGACIONES SOBRE POLIMEROS PARA CONCRETO.

Glenn William DePuy*

RESUMEN.

Están siendo desarrollados por la industria de la construcción tres tipos básicos de polímeros para el concreto: concreto impregnado con polímeros (PIC), concreto con polímeros (PC), y concreto con cemento con polímero (PCC). Trabajos recientes sobre el PIC incluyen el desarrollo de un sistema de losa para puentes hechos con PIC prefabricado y pretensado, y un tratamiento de impregnación superficial para la protección de puentes de concreto existentes.

Trabajos recientes sobre el PC incluyen el desarrollo de un proceso de fabricación costeable y el de un material que tiene propiedades comparables con el PIC. Las investigaciones sobre el PCC han sido muy limitadas.

* Supervisor de la Investigación relacionada con la Tecnología del Proceso y Desarrollo de Polímeros para Concreto en el "Bureau of Reclamation Engineering and Research Center" de Denver, Colorado.