

FIGURA No. 7 COMPARACION DE RELACIONES ENTRE CONSUMO DE CEMENTO Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA CONCRETO DE GRANULOMETRIA ABIERTA Y CONCRETOS DE GRANULOMETRIA CONTINUA.

Carga Sostenida.— Las curvas de esfuerzo vs. deformación unitaria obtenidas tanto para concreto de granulometría abierta como para concreto de granulometría continua durante los ciclos de carga inicial y recargado, se muestran en la figura #8. Los valores de módulo de elasticidad son obtenidos por aproximación en las curvas de esfuerzo vs. deformación unitaria con una línea recta. Las relaciones de esfuerzo vs. deformaciones unitarias observadas durante los ciclos de carga y descarga son aproximadamente lineales, como se muestra en la figura #8.

Cuando los especímenes fueron sometidos a una carga de 75 kg/cm^2 (13.6 ton) al final del curado de 28 días, las deformaciones unitarias elásticas medidas en este esfuerzo fueron de $220 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}$ y $250 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}$ respectivamente para concretos de granulometría abierta y de granulometría continua. Por tanto, los correspondientes módulos de elasticidad secante para concretos de granulometría abierta y de granulometría continua son respectivamente, $3.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ y $2.9 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ($4.84 \times 10^6 \text{ psi}$ y $4.25 \times 10^6 \text{ psi}$), mostrando 14% más alto para concreto de granulometría abierta, aunque la resistencia a la compresión en el espécimen cilíndrico para concreto de granulometría abierta fue 10 kg/cm^2 (140 psi) menos que el concreto de granulometría continua.

Los valores del módulo elástico obtenidos durante la carga inicial y los ciclos subsiguientes de recarga se dan en la Tabla #1.

Los valores del módulo de elasticidad obtenidos durante el proceso de recargado, siguiendo el estudio de recuperación del flujo, son considerablemente más bajos que aquellos cuyo tiempo de flujo en especímenes fue con carga inicial a los 28 días. Esta disminución en el módulo elástico cuando se ha sometido al recargado es de 30% en el caso de concreto de granulometría abierta y 36% en el caso de concreto de granulometría continua. La carga sostenida aparentemente había reducido la reacción elástica total de los especímenes y este factor debe tomarse en consideración en cualquier cálculo de desviación.

FLUJO Y RECUPERACION DE FLUJO PLASTICO.

Deformaciones por Flujo Plástico.— La figura #9 indica que para el mismo tamaño máximo de agregado grueso y la misma resistencia a la compresión para especímenes cilíndricos, en el concreto de granulometría abierta hay menos flujo que en el concreto de granulometría continua en todas las edades. A la edad de 365 días, el flujo plástico en el concreto de granulometría continua fue 35% más que en el correspondiente concreto de granulometría abierta.

Curvas de recuperación elásticas y de flujo son mostradas en la figura #10.

El patrón general de recuperación elástica y recuperación de flujo fue igual, tanto para concretos de granulometría abierta como para concretos de granulometría continua.

Se observó que el proceso de recuperación de flujo ocurre a una velocidad mucho más rápida que el flujo, y la recuperación total del flujo parece haber ocurrido dos semanas después de haber quitado la carga. La deformación elástica en la reaplicación de la carga fue mayor que en la recuperación elástica registrada al descargar. Se ha observado una velocidad lenta de recuperación de flujo, con

TABLA 1

COMPARACION DE LA RESISTENCIA ULTIMA A LA COMPRESION Y EL MODULO DE ELASTICIDAD, TANTO PARA CONCRETOS DE GRANULOMETRIA ABIERTA COMO PARA CONCRETOS DE GRANULOMETRIA CONTINUA.

Mezcla	Carga inicial a 28 días kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD					
		Edad de recargado		Edad de descarga			
		376 días kg/cm ²	409 días kg/cm ²	365 días kg/cm ²	387 días kg/cm ²	409 días kg/cm ²	
Concreto de granulometría abierta G 118	3.40 (10) ⁵	2.36 (10) ⁵	3.33 (10) ⁵	7.03 (10) ⁵	5.62 (10) ⁵	4.16 (10) ⁵	
Concreto de granulometría continua OO 11	2.99 (10) ⁵	1.91 (10) ⁵	2.88 (10) ⁵	6.47 (10) ⁵	4.57 (10) ⁵	3.40 (10) ⁵	

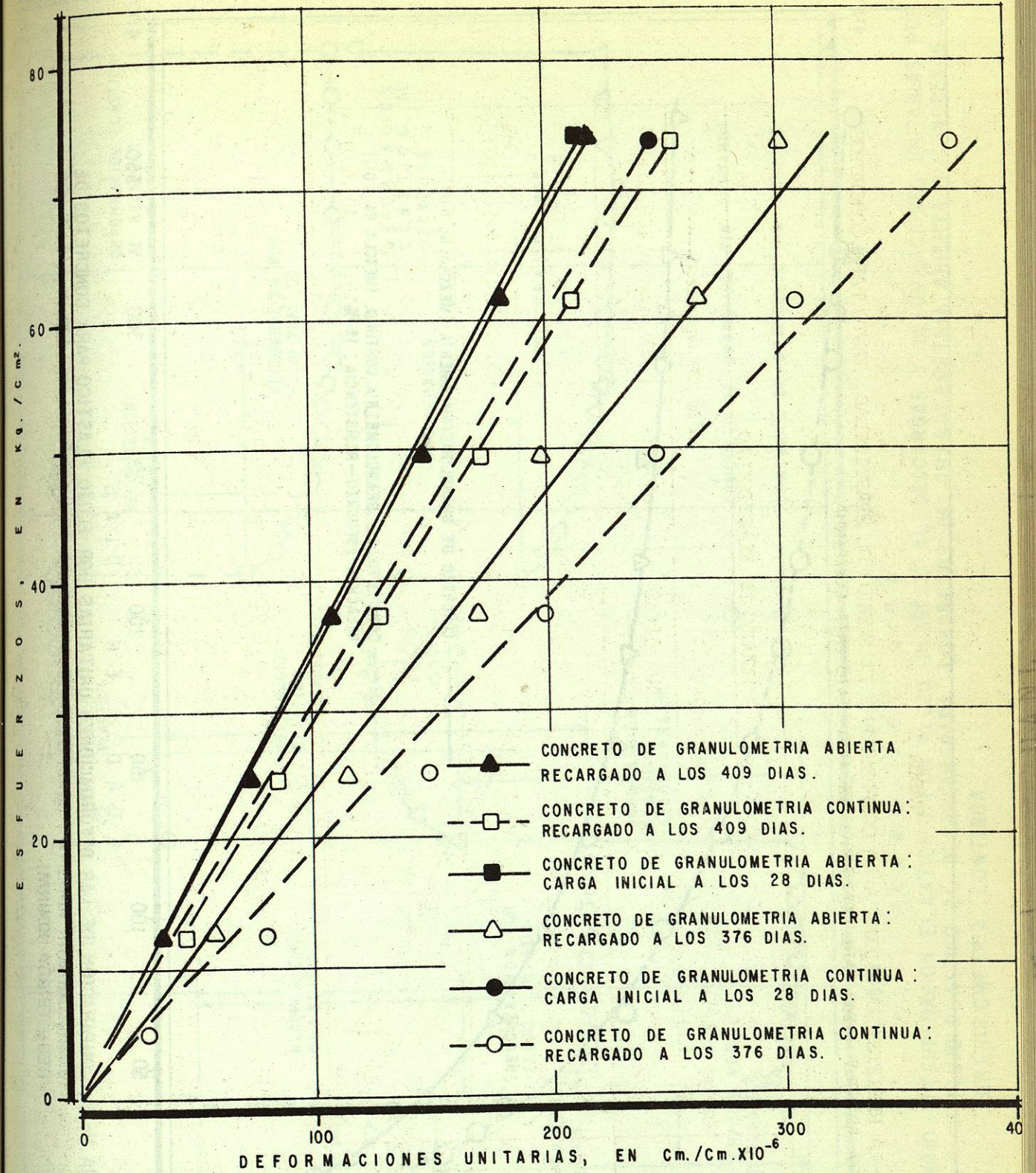


FIG. Nº8.- RELACIONES DE ESFUERZOS VS. DEFORMACIONES UNITARIAS DE FLUJO PLASTICO EN ESPECIMENES SOMETIDOS A CARGA INICIAL A LOS 28 DIAS Y RECARGADOS A LOS 376 DIAS.

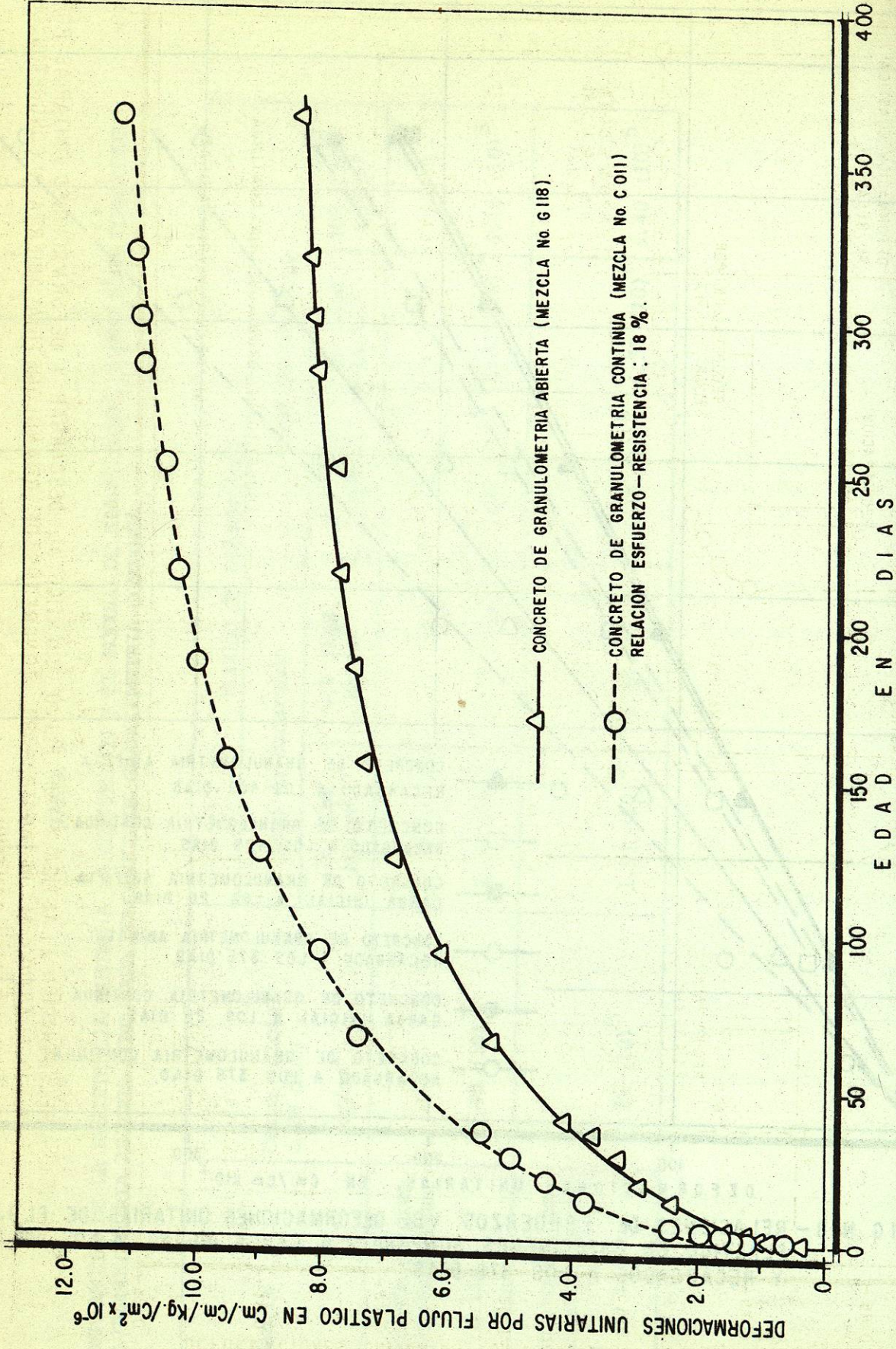


FIGURA No. 9 COMPARACION DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS POR FLUJO PLASTICO PARA CONCRETOS DE GRANULOMETRIA ABIERTA Y CONCRETOS DE GRANULOMETRIA CONTINUA DE 420 Kg./Cm² DE RESISTENCIA NOMINAL.

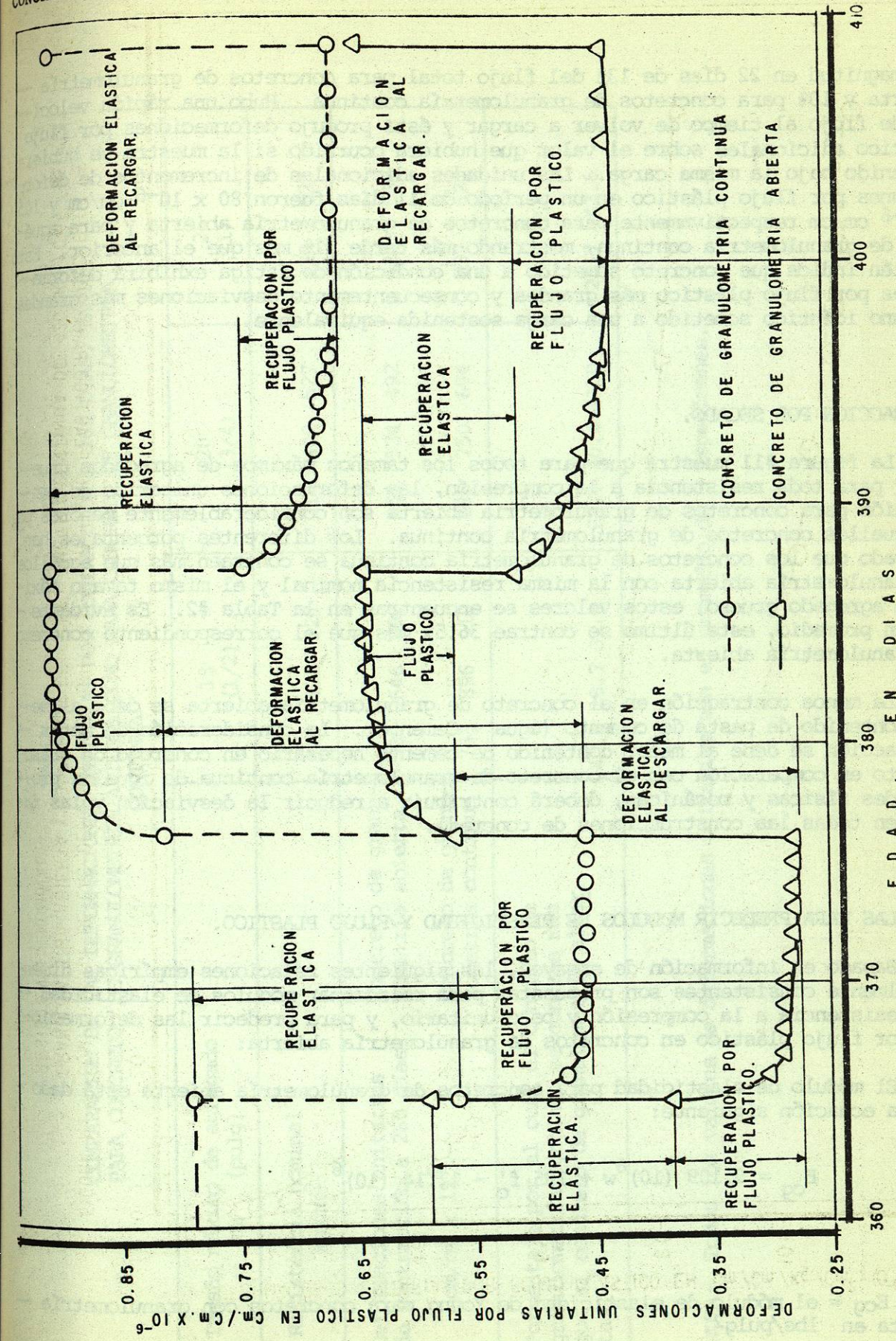


FIG. No. 10.- RECUPERACION ELASTICA Y POR FLUJO PLASTICO AL DESCARGAR Y DEFORMACIONES UNITARIAS POR FLUJO PLASTICO AL RECARGAR PARA CONCRETOS DE GRANULOMETRIA ABIERTA Y CONCRETOS DE GRANULOMETRIA CONTINUA.

una magnitud en 22 días de 13% del flujo total para concretos de granulometría abierta y 10% para concretos de granulometría continua. Hubo una rápida velocidad de flujo al tiempo de volver a cargar y ésta produjo deformaciones por flujo plástico adicionales sobre el valor que hubiera ocurrido si la muestra se hubiera mantenido bajo la misma carga. Las unidades adicionales de incrementos de deformaciones por flujo plástico en un período de 11 días fueron 80×10^{-6} cm/cm y 105×10^{-6} cm/cm respectivamente para concretos de granulometría abierta y para aquellos de granulometría continua, mostrando más tarde 31% más que el anterior. Esto también indica que concreto sometido a una condición de fatiga exhibirá deformaciones por flujo plástico más grandes y consecuentemente desviaciones más grandes que uno idéntico sometido a una carga sostenida equivalente.

CONTRACCION POR SECADO.

La figura #11 muestra que para todos los tamaños máximos de agregados gruesos y para toda resistencia a la compresión, las deformaciones unitarias de contracción para concretos de granulometría abierta son considerablemente menores para aquellos concretos de granulometría continua. Los diferentes porcentajes han mostrado que los concretos de granulometría continua se contraen más que aquellos de granulometría abierta con la misma resistencia nominal y el mismo tamaño máximo de agregado grueso, estos valores se encuentran en la Tabla #2. Es evidente que en promedio, este último se contrae 36.5% más que el correspondiente concreto de granulometría abierta.

La menos contracción en el concreto de granulometría abierta se debe al menor contenido de pasta de cemento (agua + Cemento). La consideración de menor contracción se debe al menor contenido de cemento necesario en concreto de grano abierto en comparación con el concreto de granulometría continua de iguales propiedades físicas y mecánicas, deberá contribuir a reducir la desviación y las fallas en todas las construcciones de concreto.

FORMULAS PARA PREDECIR MODULOS DE ELASTICIDAD Y FLUJO PLASTICO.

Basado en información de ensayos, las siguientes relaciones empíricas dimensionalmente consistentes son propuestas para relacionar módulos de elasticidad con resistencia a la compresión y peso unitario, y para predecir las deformaciones por flujo plástico en concretos de granulometría abierta:

El módulo de elasticidad para concretos de granulometría abierta está dado por la ecuación siguiente:

$$E_{cg} = 0.109 (10)^6 w + 185 f'_c - 12.14 (10)^6$$

donde E_{cg} = el módulo de elasticidad de Young para concretos con granulometría abierta en lbs/pulg².

TABLA 2
COMPARACION DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS POR CONTRACCION A 260 DIAS, TANTO PARA CONCRETO DE GRANULOMETRIA ABIERTA COMO PARA CONCRETO DE GRANULOMETRIA CONTINUA

	13 (1/2)	20 (3/4)	25 (1)
Tamaño máximo de agregado mm (pulg)			
Resistencia nominal kg/cm ²	316 422 527	316 422 527	422 527
Deformaciones unitarias de contracción a 260 días cm/cm x 15 ⁶	538 646 692	455 534 492	420 537
Concreto de granulometría abierta			
Concreto de granulometría continua	753 896 919	586 750 694	532 627
Porcentaje por el cual el concreto de granulometría continua se contrae más que el concreto de granulometría abierta.	40.0 38.7 32.8	28.8 40.4 41.0	26.7 43.6

NOTA: Todos los valores de deformaciones unitarias son el promedio de 3 especímenes.