

TABLA No. 2
GRADUACION DE LOS AGREGADOS

AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
TAMAÑO MALLA	% RETENIDO ACUMULADO	TAMAÑO MALLA	% RETENIDO ACUMULADO
3/4 pulg. (19 mm)	33.4	Malla No. 4 (4.75 mm)	0.0
3/8 pulg. (9.5 mm)	66.6	Malla No. 8 (2.36 mm)	10.0
Malla No. 4 (4.75mm)	100.0	Malla No. 16 (1.18 mm)	32.5
		Malla No. 30 (1.40 mm)	57.5
		Malla No. 50 (300 mm)	80.0
		Malla No. 100 (150 mm)	94.0
		BANDEJA	100.0

TABLA No. 3
PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Densidad	2.68	2.70
Absorción, %	0.40	0.50

COMPORTAMIENTO DE LOS SUPERPLASTIFICANTES

Todos los superplastificantes interiores están hechos con sulfonatos orgánicos del tipo RSO₃ donde R es un grupo orgánico complejo, frecuentemente de elevado peso molecular (Figura 1).

Proporcionamiento de las Revolturas.

Los agregados grueso y fino, ya graduados, fueron pesados bajo condiciones de laboratorio. El agregado grueso fue sumergido en agua durante 24 horas. Se dejó escurrir el agua en exceso y la cantidad de agua retenida fue determinada por diferencia de pesos. Al agregado fino se le añadió una cantidad predeterminada de agua, y se le dejó reposar durante 24 horas.

Se utilizó una revoltura normal con relación agua/cemento de 0.42, relación agregado/cemento de 4.77 y un contenido de cemento de 379 Kg/m³ (639 lbs/yd³). La dosificación del aditivo inclusor de aire fue constante pero el tipo y cantidad de superplastificante se varió como se muestra en la tabla 4.

Propiedades del Concreto Fresco.

Las propiedades del concreto fresco como son temperatura, revenimiento, peso volumétrico y contenido de aire fueron determinadas después del mezclado inicial de 6 minutos, y también después de agregar el superplastificante y mezclar de nuevo durante 2 minutos (tabla 4). También se tomaron mediciones frecuentemente para determinar la rapidez de pérdida de revenimiento.

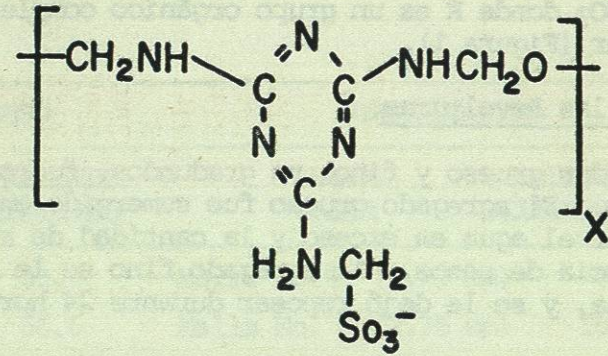
Tiempo del Fraguado Inicial del Concreto Fresco.

El tiempo de fraguado inicial fue determinado de acuerdo con la norma ASTM C403-70 (1976) "Tiempo de Fraguado para Revolturas de Concreto Mediante Resistencia a la Penetración" para ver si los aditivos superplastificantes retardaban el fraguado del concreto.

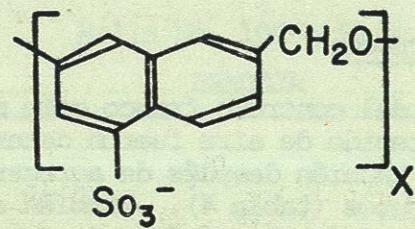
PREPARACION Y COLADO DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYE.

Revolturas de Concreto del 1 al 12.

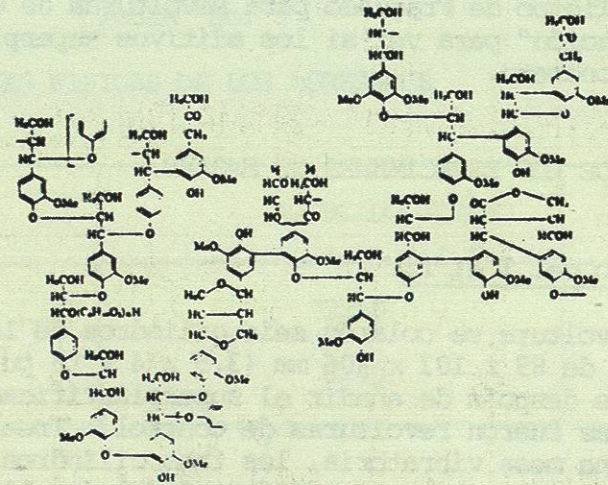
De cada revoltura se colaron seis cilindros de 102 x 203 mm (4 x 8 pulgadas) y seis prismas de 89 x 102 x 406 mm (3.5 x 4 x 16 pulg). Todos los especímenes fueron colados después de añadir el superplastificante, excepto las revolturas 1 y 2, las cuales fueron revolturas de control. Tres cilindros fueron compactados utilizando una mesa vibratoria, los tres cilindros restantes no fueron sujetos a ninguna vibración. Los prismas fueron colados llenando moldes de bronce y compactándolos sobre una mesa vibratoria. Después de colados todos los especímenes fueron cubiertos con arpilleras mojadas y se dejaron durante 24 horas en el cuarto en que fueron preparados a 24 ± 1.3°C (75 ± 3°F) y a 50% de humedad relativa. Posteriormente fueron sacados de los moldes y llevados al cuarto de curado hasta que fueron a ser ensayados.



R = MELAMINE - FORMALDEHYDE



R = NAPHTHALENE - FORMALDEHYDE



LIGNOSULPHONATE R = LIGNIN

Fig. 1.- Grupo R - orgánico para el melamina-formaldehído, naftalina-formaldehído y lignosulfonato.

TABLA 4

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Revolutura Número	Tipo de superplastificante y dosificación en % de peso del cemento.	Después del mezclado inicial de 6 minutos.				Después de incorporar el superplastificante y 2 minutos de mezclado adicional.			
		Temperatura °C	Revenimiento mm	Peso volumétrico Kg/m ³	Contenido de aire, %	Revenimiento mm	Peso volumétrico Kg/m ³	Contenido de aire, %	
1	Control sin AIA*	20	45	2417	2.1	-	-	-	
2	Control con AIA	22	45	2347	4.8	-	-	-	
3	Melment L10 - 1%	19	50	2347	5.2	100	2347	5.2	
4	2%	19	50	2347	5.5	230	2347	4.8	
5	3%	21	50	2347	5.0	260	2347	5.0	
6	Mighty 150 - 0.5%	21.5	50	2359	5.0	90	2353	4.8	
7	1.0%	22.5	50	2347	4.8	260	2353	3.4	
8	1.5%	20	50	2353	5.0	260	2398	-	
9	10%	19	50	2340	5.2	260	2461	6.0	
10	Mulcoplast CF - 1%	21	50	2347	5.0	100	2334	6.8	
11	2%	20	50	2347	5.4	210	2302	6.0	
12	3%	20	70	2340	5.4	260	2295	4.0	
13	Melment L10 - 3%	21	50	2347	5.3	260	2353	3.8	
14	Mighty 150 - 1.5%	23	50	2359	4.8	260	2391	-	
15	Mulcoplast CF - 3%	19	50	2359	5.0	260	2347	5.0	

* Aditivo incluser de aire.

Revolturas de Concreto del 13 al 15.

De cada una de las tres revolturas se colaron 6 cilindros de 102 x 203 mm (4 x 8 pulg): se colaron dos cilindros inmediatamente después del mezclado inicial; dos cilindros después de agregar el superplastificante y mezclado adicional de 2 minutos; y los últimos dos cilindros se colaron después de dejar el concreto en la revoladora durante 120 minutos. Los cilindros se colaron llenando moldes de acero con dos capas aproximadamente iguales, y compactando cada capa sobre una mesa vibratoria.

ENSAYE DE LOS ESPECIMENES.

Revolturas del 1 al 12.

A los 14 días se sacaron del cuarto de curado dos prismas y se ensayaron a flexión de acuerdo a la norma ASTM C78-75 utilizando cargas a los tercios. A los 28 días se sacaron del cuarto de curado cilindros vibrados y no vibrados de cada revoltura, se capearon con una mezcla de azufre y arcilla, y se ensayaron a compresión en una máquina universal de 272,160 Kgs (600,000 lbs) de capacidad.

Revolturas del 13 al 15.

A los 28 días se sacaron del cuarto de curado los tres juegos de cilindros de cada revoltura, se capearon con una mezcla de azufre y arcilla y se ensayaron a compresión.

ESTUDIOS DE DURABILIDAD.

Aunque la durabilidad no se puede medir directamente, la exposición prolongada del concreto a ciclos repetidos de congelamiento y deshielo produce cambios en el espécimen de ensaye que se pueden medir y que pueden indicar deterioro. Las mediciones hechas sobre los especímenes de ensaye después de los ciclos de congelamiento y deshielo proporcionan datos que se pueden utilizar para evaluar la resistencia relativa al congelamiento y deshielo, o su durabilidad.

En esta investigación los prismas de ensaye fueron expuestos a ciclos repetidos de congelamiento en aire y deshielo en agua de acuerdo a la norma ASTM C666-75. La unidad automática de congelamiento y deshielo puede realizar ocho ciclos por día. Un ciclo completo de $4.4 \pm 1.7^\circ\text{C}$ a $-17.8 \pm 1.7^\circ\text{C}$ ($40 \pm 3^\circ\text{F}$ a $0 \pm 3^\circ\text{F}$) y de nuevo a $4.4 \pm 1.7^\circ\text{C}$ ($40 \pm 3^\circ\text{F}$) requiere cerca de 3 horas. Durante esta investigación la unidad no cumplió con los requisitos de temperatura anteriores. Estuvo variando entre -15 y -11.7°C (5 y 11°F) durante los ciclos de congelamiento.

Al finalizar el período inicial de curado de 14 días, la temperatura

COMPORTAMIENTO DE LOS SUPERPLASTIFICANTES

de cada juego de prismas se redujo a $4.4 \pm 1.7^\circ\text{C}$ ($40 \pm 3^\circ\text{F}$) colocándolos en el gabinete para congelamiento y deshielo puesto en la fase de deshielo durante una hora. A esta temperatura se hicieron las mediciones iniciales y todas las subsecuentes de los especímenes de ensaye sujetos a congelamiento y deshielo y a los de referencia. Después de que se tomaron las mediciones iniciales de los prismas de ensaye se colocaron dos prismas de ensaye en el gabinete de congelamiento y deshielo y los dos prismas compañeros fueron regresados al cuarto de curado con el propósito de servir como referencia.

Los especímenes de ensaye sujetos a congelamiento y deshielo fueron examinados visualmente al finalizar cada 50 ciclos. Se midieron sus longitudes, se pesaron; y se ensayaron mediante frecuencia resonante y mediante el método de pulsos ultrasónicos a cada 100 ciclos aproximadamente. El ensaye de congelamiento y deshielo se concluyó a los 700 ciclos, y se ensayaron a flexión tanto los prismas sujetos a congelamiento y deshielo como los de referencia.

Otro índice útil para determinar la durabilidad del concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo es el factor de espaciamiento de burbujas. Este es un índice que se relaciona con la distancia máxima en milímetros (o pulgadas) desde cualquier punto en la pasta de cemento medida de la periferia de una burbuja de aire. El factor de espaciamiento para el concreto bajo investigación fue determinado de acuerdo con la norma ASTM C457-71 utilizando el método modificado de

RESULTADOS DE LOS ENSAYES Y SUS ANALISIS.

En esta investigación fueron ensayados 90 cilindros y 72 prismas. La densidad de todos los especímenes fue determinada a las 24 horas como se muestra en la tabla 5. En la figura 2 se muestran los tiempos de fraguado de los concretos, y en las figuras 3 al 7 se muestra la pérdida de revenimiento con el tiempo. En la figura 8 se muestra un concreto fluido típico. Un resumen de las resistencias a la compresión y a la flexión se proporcionan en las tablas 6 al 8 y los datos están ilustrados en las figuras 9 al 13. En la figura 10 se muestra una comparación de cilindros de ensaye colados sin compactación con aquellos colados utilizando vibración externa. La relación de resistencia a la flexión con la de compresión se muestra en la figura 14.

En las tablas 9 al 12 se muestran los cambios en peso, longitud, velocidad de pulso y frecuencias resonantes de prismas de referencia y prismas sujetos a ciclos de congelamiento y deshielo. En la figura 15 se muestran fotografías típicas de prismas de ensaye antes y después de los ciclos de congelamiento y deshielo.

Los resultados del análisis de burbujas de aire de especímenes de ensaye de concreto endurecido se proporcionan en la tabla 13.