

CEMENTOS EXPANDIDOS

ALBERTO REQUENA

INVESTIGADOR DEL INSTITUTO DE EDIFICACION
EXPERIMENTAL

En 1959, el Instituto de Edificación Experimental programó las experiencias para la investigación de cementos expandidos, material de extensa aplicación en edificación y cuyo uso en Europa data desde hace más de treinta años.

Basándonos en los estudios publicados por Otto Graf y del American Concrete Institute iniciamos la investigación orientada a obtener cementos expandidos en base al método del polvo de aluminio, logrando fabricar un producto que satisfacía nuestras exigencias técnicas.

En el N° 1 de esta revista, publicamos un trabajo de carácter general sobre hormigones livianos, en que demos cuenta de su clasificación, diferentes métodos de fabricación y un panorama del estado de aplicación en Chile de estos materiales; por lo que nos limitaremos en esta oportunidad a dar las características físicas del material, algunas observaciones de obra y una lista de las asesorías hasta el momento realizadas.

CARACTERISTICAS FISICAS DEL CEMENTO EXPANDIDO POR EL METODO DEL POLVO DE ALUMINIO.

1. DENSIDAD.

Prácticamente todas las características físicas del material están directamente relacionadas con su densidad, lo que determina la

importancia de definir los cementos expandidos en función de ella.

CLASIFICACION.

- a. Elementos resistentes, para trabajo flexión y compresión. Densidad 0.7 a 1.2 kgs/dm³.
- b. Elementos aislantes-resistentes, trabajo a compresión. Densidad 0.5 a 0.6 kgs/dm³.
- c. Elementos puramente aislantes. Densidad 0.3 a 0.5 kgs/dm³.

Nuestras investigaciones se han limitado hasta el momento a la fabricación del material para su uso como aislante térmico, de ahí nuestra orientación a obtener cementos expandidos de bajas densidades (0,5 — 0,6 con un alto porcentaje de expansión (200 %

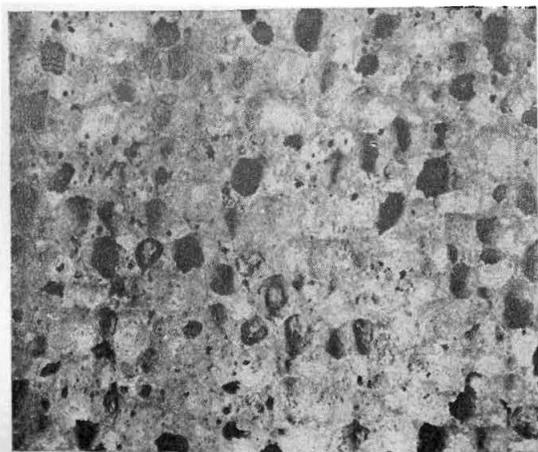
Las densidades a diferentes edades de los cementos expandidos están altamente influenciadas por el porcentaje de agua que contienen, según el National Bureau of Standard entre un 2 a un 4% de humedad libre e peso en las probetas, puede reducir la resistencia a la compresión en un 20%. En muestras saturadas 20—40% de agua en peso, la resistencia respecto al estado seco de muestras de cemento expandido es del orden de un 30% más baja.

2. RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Resulta difícil abordar en forma comparativa los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en muestras de cemento expandidos. La diferencia en forma y tamaño de las probetas y las condiciones de ensayo son diferentes en los diversos laboratorios.

Otto Graf demostró que los cubos gaseosos cargados perpendicularmente a la dirección de expansión tienen un 20% más de resistencia que los cubos cargados en forma paralela a esa dirección, así como un cubo de 7 cm de arista es 83% mayor su resistencia que otro de igual densidad pero de 30 cm.

Otro investigador —Vinkey— encontró diferencias insignificantes en las muestras realizadas con polvo de aluminio.



CORTE PROBETA CEMENTO EXPANDIDO.

Existe una relación directa entre la densidad de las muestras de cemento o mortero expandido y su resistencia a la compresión, como observamos en las siguientes probetas de cemento expandido y mortero:

CUADRO N° 1.

Kg. cemento por m ³ sin expandir	Lts. de agua por m ³ sin expandir	Kgs. Al. por m ² sin expandir	Kgs. NaOH por m ³ sin expandir	Silicato de Sodio lts./m ³	razón agua - cemento	Edad en días	Densidad	Resistencia Kg/cm ²	Expansión en porcentaje
1.000	660	1,15	—	—	0.66	12	0,60	8.00	158%
1.000	660	1,15	2,30	—	0.66	12	0,61	5,90	164 "
1.000	660	1,15	2,30	32.0	0.66	12	0,77	6.00	127 "
1.000	660	1,15	2,30	15,5	0.66	12	0,65	6.05	101 "
1.000	660	1,15	3,45	15,5	0.66	12	0,70	6.40	155 "

Se usó cemento Melón Tipo A.

CUADRO N° 2.

Kg. cemento por m ³ sin expandir	Lts. de agua por m ³ sin expandir	Kgs. Al. por m ² sin expandir	Kgs. NaOH por m ² sin expandir	Silicato de Sodio lts./m ³	razón agua - cemento	Edad en días	Densidad	Resistencia Kg/cm ²	Expansión en porcentaje
1.000	660	1,15	2,30	—	0.66	14	0,63	9,40	173%
1.000	660	1,15	3,45	15,5	0.66	14	0,72	9,40	145 "
1.000	660	1,15	2,30	—	0.66	14	0,60	11,65	174 "
1.000	660	1,15	2,30	—	0.66	14	0,65	12,75	174 "

Se usó cemento Melón Tipo Super de alta resistencia inicial.

CEMENTO

CEMENTO/ARENA 1 : 4

Densidad kgs/dm ³ .	Resistencia kgs/cm ²	Densidad kgs/dm ³ .	Resistencia kgs/cm ²
0.3	3 — 5	0.8	6 — 7
0.4	7 — 10	0.9	8 — 10
0.5	12 — 16	1.0	12 — 15
0.6	20 — 30	1.1	16 — 20
0.7	30 — 45	1.2	25 — 30
0.8	45 — 60	1.3	35 — 40
1.0	hasta 100	1.5	hasta 60

Los valores de densidad y resistencia obtenidos en nuestros ensayos, aparecen en los Cuadros 1 y 2.

La resistencia del material curado al aire, es adquirida en forma lenta, impidiendo todo trabajo o movimiento antes de cuarenta y ocho horas. Este proceso puede ser acelerado usando cámaras de curado a vapor, que junto con estas ventajas, aumentan la resisten-

cia a la compresión del orden del 40% y disminuyen los valores de retracción.

Según datos de fuentes holandesas:

Densidad kgs/dm ³ .	Retracción mm/m.	
	curado al aire	curado a vapor.
0.65	2.00	0.40
0.85	1.60	0.30
1.05	0.99	0.11

3. ABSORCIÓN DE AGUA.

Una característica importante de los cementos expandidos es su comportamiento a la absorción del agua, ya sea por capilaridad o bajo presión. De acuerdo a informes emitidos por el Instituto Danés de Ensayo de Materiales, en muestras de cemento expandido se ha medido ascensiones por capilaridad en 24 hrs. de 3 cm.; en comparación con un ladrillo corriente que en igual tiempo alcanza una altura de 20 cm.

El mismo laboratorio da cuenta que probetas sometidas a una columna de agua de 20 cms. al cabo de 24 hrs. produce una zona saturada de 3.5 cms., en comparación a un ladrillo corriente cuya zona humedecida es de 21 cms.

4. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Según Graf, para tensiones de 1/10 de la carga de ruptura se han obtenido en muestras de cementos expandidos de acuerdo a sus densidades los siguientes valores:

Densidad kgs/dm ³ .	Módulo de elasticidad.
0.52	11.000
0.59	14.500
0.71	21.600

5. ADHERENCIA CON EL ACERO.

Para materiales curados en autoclave, según informaciones danesas, es del orden de 20 a 30 kgs/cm².

6. CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA.

Existen varios factores que influyen en el problema de la aislación térmica en los edi-

ficios; el tratamiento de las superficies expuestas al sol y el valor de conductibilidad térmica de los materiales empleados.

La radiación que incide sobre un cuerpo puede ser reflejada, absorbida o transmitida. Desde el punto de vista de las superficies expuestas al sol, tenemos el calor proveniente de la exposición directa a la luz solar y el calor por reflejo o reflexión, que se expresa usualmente en forma de porcentaje, entre radiación reflejada y absorbida.

Ejemplo: una reflexión de 30% indica que la superficie irradiada refleja un 30% y absorbe un 70% de la radiación que recibe. (J Ellis).

De acuerdo a Geiger el número de reflexión para algunas substancias en la longitud de onda ultravioleta es:

	reflexión	absorción
Nieve	80-85%	20-15%
Piedra (gravilla, granito, piedra calcárea)	22-25%	78-75%
Arena seca de duna	17%	83%
Playa arenosa	8-9%	92-91%
Tierra de jardín	6%	94%
Desierto arenoso	2%	98%

Las superficies expuestas a la radiación solar aumentan la temperatura de la capa de aire circundante. Este aspecto tiene relación con los materiales empleados en pavimento, muros, cubiertas, etc. En un día de Verano con 31°C. a la sombra —según Linke— la temperatura del asfalto al sol es de 53°C., la del hormigón 45°C y la del pasto 38°C.

Brabham estableció un cuadro de absorción calórica según colores empleados:

	reflexión	absorción
Negro	0%	100%
Azul oscuro, café, verde	10-15%	85- 90%
Rojo, beige, celeste, pintura de aluminio	30-32%	70- 75%
Colores pálidos	50-45%	50- 55%
Blanco	60-50%	40- 50%

El calor a través de un sólido es transmitido por conducción, y sólo puede tener lugar cuando las distintas partes del cuerpo se encuentran a diferentes temperaturas.

El calor pasará de los puntos de alta temperatura a los de baja temperatura.

Para detener o aminorar la propagación del calor por conducción se han ensayado una serie de materiales aislantes (demoran la transmisión del calor) cuyos valores de conductibilidad térmica damos a continuación.

COEFICIENTES DE CONDUCTIBILIDAD PARA DIVERSOS MATERIALES*.

En las tablas aparece, además de la naturaleza del producto:

— La densidad del material.

— La humedad que contiene.

Distinguiremos los casos siguientes :

I. Corresponde a las paredes y demás elementos situados en el interior de los edificios (tabiques, suelos, etc.) o a las paredes exteriores en los climas secos;

E. Corresponde a las paredes exteriores normales de las regiones de clima templado;

H. Corresponde a las paredes mal aisladas de la humedad del suelo o situadas en climas muy húmedos y expuestas a lluvias frecuentes.

		Coeficiente de Conductibilidad Calorífica	
		Kcal	
		m h °C.	
Metales	Acero	50	
	Aluminio	190	
	Cobre	300	
	Plomo	30	
	Zinc	95	

		Coeficiente de Conductibilidad Calorífica				
		kcal				
		m h °C				
		Peso específico (Kg/m³)	I	E.	H.	
Fábrica de Ladrillo	Paredes de ladrillo: De ladrillos ligeros: 1500 Kg/m³	800	0,24	0,29	0,33	
		1000	0,29	0,35	0,40	
		1200	0,35	0,42	0,48	
		1400	0,43	0,52	0,60	
	De ladrillo normal: 1600 Kg/m³	1600	0,54	0,65	0,74	
		1800	0,62	0,75	0,86	
		2000	0,74	0,90	1,05	
	Piedras Naturales	Calizas, areniscas	1600	0,68	0,79	0,95
			1800	0,82	0,95	1,14
		(Caliza media)	2000	1,01	1,17	1,40
2200			1,18	1,37	1,63	
2400			1,44	1,67	2,00	
2600			1,84	2,2	2,6	
(Arenisca media)	2800	2,2	2,5	3		

* Del libro "Aislamiento y protección de las construcciones" de R. Cadiergues. Editorial Gili, S. A. 1959.

		Coeficiente de Conductibilidad Calorífica			
		Peso Específico (Kg/m ³)	kcal		
			m h °C.		
			I	E	H
	Gneis	{ 2400 a 2700		2,8	3,4
	Granitos	{ 2500 a 3000		2,9	3,5
	Pórfidos	{ 2400 a 2600		2,0	
	Basaltos	{ 2800 a 3000		3,2	
	Silex	{ 2600 a 2800		2,4	
	Mármol	{ 2500 a 2850		1,7	a 3
	Pizarra: Perpendicular a los estratos	2700	1,4	1,5	1,8
	Paralela a los estratos		2,2	2,4	3,0
Morteros y Hormigones					
	Revoques y Morteros de cal o de cemento	{ 1600 1800 2000 2200	0,45 0,58 0,73 0,94	0,56 0,72 0,90 1,2	0,66 0,85 1,05 1,4
	Revoque de yeso	{ 800 1000 1200	0,30 0,38 0,48	0,37 0,46 0,60	0,50 0,62 0,80
	Pianchas y aplacados de yeso	{ 600 800 1000 1200	0,21 0,25 0,30 0,35	0,26 0,31 0,37 0,43	0,34 0,42 0,50 0,58
	Yesos celulares o con áridos ligeros	{ 200 400 600	0,08 0,14 0,21	0,10 0,18 0,26	0,13 0,24 0,34
	Hormigón de cascote (normal o con huecos)	1600	0,54	0,63	0,75
	Pobre o con huecos	1800	0,68	0,80	0,95
	Ordinario {vibrado	2000	0,85	1,0	1,25
	{sin vibrar	2200	1,0	1,2	1,5
		2400	1,2	1,4	1,7

	Peso Específico (Kg/m ³)	Coeficiente de Conduc- tibilidad Calorífica		
		kcal		
		I	m h °C. E	H
Hormigón armado (cuantía media de hierro, hormigón compacto)		1,2	1,4	1,6
Hormigones con áridos ligeros (no celulares) (de pómez, de escorias, de puzolana, vermiculita, etc.)	600 800 1000 1200 1400	0,13 0,19 0,24 0,32 0,40	0,15 0,22 0,28 0,37 0,47	0,18 0,26 0,33 0,44 0,56
Hormigones celulares normales	600 800 1000 1200 1400	0,25 0,36 0,50 0,65 0,81	0,29 0,42 0,58 0,76 0,94	0,35 0,50 0,69 0,90 1,1
Maderas y Contraplacados				
	200	0,055	0,055	0,060
	300	0,075	0,075	0,080
	400	0,090	0,095	0,100
Alamo, picea	450	0,100	0,105	0,110
Abeto, cedro del Atlas	500	0,110	0,115	0,120
Pino silvestre, pino Alepo	550 600	0,120 0,130	0,125 0,130	0,130 0,140
Castaño, roble, haya	700 800 900	0,145 0,165 0,185	0,150 0,170 0,190	0,160 0,180 0,200
Placas de Corcho				
	100	0,033	0,034	0,035
	200	0,040	0,041	0,043
	300	0,049	0,050	0,052
	400	0,056	0,057	0,059
	500	0,063	0,064	0,067
Planchas de Amianto y Fibroemento				
	200	0,046	0,048	0,050
	300	0,054	0,056	0,059
	400	0,064	0,067	0,070
	500	0,076	0,072	0,083
Amianto (lana. fieltro, placas)	600 800 1000 1200 1400 1600 1800	0,088 0,125 0,14 0,17 0,19 0,23 0,26	0,091 0,13 0,15 0,18 0,20 0,24 0,28	0,095 0,14 0,16 0,19 0,21 0,25 0,29

		Peso específico (Kg/m ³)	Coeficiente de Conduc- tibilidad Calórica kcal		
			m h °C.		
			I	E	H
Fibrocemento: planchas ligeras	}	1000	0.24	0.25	0.28
		a 1200			
Planchas comprimi- das	}	1800	0.60	0.65	0.70
		a 2000			
Materiales de relleno	Productos minerales en polvo (kieselguhr, polvos minerales).	200	0.06	0.07	0.085
		400	0.09	0.10	0.12
		600	0.12	0.14	0.16
		800	0.16	0.18	0.22
		1000	0.20	0.23	0.28
		1200	0.25	0.29	0.34
		1400	0.30	0.34	0.41
	Productos minerales granulosos, (arena, etc.)	200	0.11	0.13	0.15
		400	0.12	0.15	0.18
		600	0.14	0.18	0.22
	Escoria fina	800	0.17	0.21	0.26
		1000	0.21	0.25	0.30
		1200	0.25	0.29	0.34
		1400	0.30	0.35	0.41
		1600	0.36	0.42	0.50
	Grava	1800	0.43	0.50	0.60
		2000	0.51	0.59	0.71
		2200	0.60	0.70	0.84
	Vermiculita exfoliada	100	0.05	0.06	0.07
	Materiales para cubiertas	Asfalto	2150		0.8
Betún		1050		0.14	
Cartón asfáltico		1100		0.12	
Tejas				0.6	
Plásticos	Astralón	1350		0.13	
	Baquelita	1270		0.2	
	Celona (acetato de celu- losa)			0.2	
	Celuloide (nitrato de ce- lulosa)	1380		0.19	
	Ebonita	1150		0.14	
	Galalita	1350		0.14	
	Linóleo	1180		0.15	
	Plexiglás	1180		0.17	
	Poliestirol	1000		0.13	
	Resina de anilina	1210		0.23	
	Resinas fenólicas	1320		0.23	

ENSAYOS.

Transcribimos el certificado de ensaye Nº 58.195 con fecha 8 de Agosto de 1961, en el que se informa sobre la determinación del

coeficiente de conductibilidad térmica de muestras de cemento expandido, solicitado al Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales, (I.D.I.E.M.) de la Universidad de Chile.

1) Características de las muestras.

MUESTRA	PROBETA Nº	DIMENSIONES cm.	PESO gr.	PESO ESPECIF. MEDIO APARENTE. gr/cm ³ .
A	1	33.0 x 32.9 x 5.12	2886	0.52
	2	32.8 x 32.1 x 5.05	2817	0.53
B	1	33.0 x 33.0 x 4.05	2699	0.61
	2	32.7 x 32.9 x 4.17	2427	0.54

2. Conductibilidad térmica de las muestras.

El coeficiente de conductibilidad térmica K se determinó por el método del anillo de guarda, colocando dos probetas iguales en

forma vertical y simétrica respecto a un calefactor eléctrico plano.

De una serie de medidas se obtuvo con este equipo el siguiente valor:

$$K_A = 0.00037 \frac{\text{Cal}}{\text{cm. } ^\circ\text{C. seg.}} = 0.133 \frac{\text{k cal}}{\text{m } ^\circ\text{C h}} = 1.07 \frac{\text{BTU in}}{\text{ft. } ^\circ\text{F. h}} \quad \text{a } 29^\circ \text{ C.}$$

$$K_R = 0.00035 \frac{\text{Cal}}{\text{cm. } ^\circ\text{C. seg.}} = 0.126 \frac{\text{k cal}}{\text{m } ^\circ\text{C h}} = 1.02 \frac{\text{BTU in}}{\text{ft. } ^\circ\text{F. h}} \quad \text{a } 32^\circ \text{ C.}$$

7. COMPORTAMIENTO ACUSTICO.

Dentro de los posibles usos de los cementos expandidos, debemos señalar su aplicación en la prefabricación de casetones para losas de hormigón armado y de relleno sobre losas de entresijos. En estas aplicaciones interesa fundamentalmente su comportamiento acústico, que informamos a continuación:

a) Método de ensaye de aislantes acústicos realizado por el Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales de la Universidad de Chile.

El método de ensaye de aislantes acústicos, consiste en interceptar, por medio de la muestra, un sonido de intensidad y frecuencia determinado y medir la intensidad del mismo sonido, emergente de la muestra, en el otro lado.

Conforme a las normas inditecnor Nº 55-21 acústica, la unidad empleada para indicar el nivel del sonido es el Decibel (dB).

Considerando que el oído humano se comporta como si la intensidad de sus sensaciones variaran proporcionalmente al logaritmo de las intensidades energéticas, las medidas de intensidad de las sensaciones se efectúan en conformidad a la siguiente relación:

$$S = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

donde S es la intensidad de la sensación (nivel).

I es la intensidad energética causa de la sensación.

I_0 es la mínima intensidad energética perceptible por el oído humano:

$$0.0024 \frac{\mu \text{ Watt}}{\text{cm}^2} \text{ sea } 24.10^{-6} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$$

I e I_0 se miden en Watt/m².
 S resulta en decibeles. (dB).

Cuando se necesita indicar el nivel de un sonido respecto a un nivel de referencia, la relación anterior se transforma:

$$A = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

donde A (en dB) es la elevación o la disminución de nivel según sea $I_2 > 0 < I_1$ y siendo I_1 la intensidad energética del sonido de referencia e I_2 la del sonido bajo examen.

I_1 e I_2 se miden en Watt/m².

I.D.I.E.M. para el ensaye utiliza un generador de audiofrecuencia "General Radio" Tipo 1302, un microvoltímetro "General Radio" Tipo 546, para controlar la salida del generador, un medidor de nivel acústico "General Radio" Tipo 1551-A, con su respectivo micrófono calibrado.

El ensaye se efectúa en doble cámara anecoide donde en una ventana de la pared divisoria se ajusta la muestra a ensayar.

b) Informe de ensaye acústico realizado por el Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales N° 58.192.

Se ensayaron cuatro muestras de cemento expandido. Las muestras tienen una superficie de 33 x 33 cm², dos con espesor de 40 mm. y dos con espesor de 50 mm. y pesan 2,7 kgs. y 2,8 kgs. respectivamente.

RESULTADOS

Frecuencia ciclos/seg.	Atenuación en dB.	
	Tipo de 40 mm.	Tipo de 50 mm.
200	9	9
500	13	13
1000	12	15
2000	18	18
3000	20	20
5000	29	29

N. B. No obstante la diferencia de espesor, la atenuación de todas las muestras es prácticamente equivalente. Para una buena aislación acústica el peso de la pared es de primera importancia.

MATERIAL.	FRECUENCIA CICLOS POR SEGUNDO.										PESO kgs/m ²	
	50	100	200	250	500	1000	2000	3000	4000	5000		
1. Cemento Expandido	—	—	9	—	13	15	18	20	—	29	ATENUACION EN dB.	25.7
2. Fibra de madera aglomerada con cemento.	—	—	—	4	4	8	10	—	29	—		14.4
3. Plancha de yeso soportado.	—	—	—	—	12	13	16	18	27	30		8.9
4. Panel asbesto-cemento y madera prensada.	9	10	12	—	13	18	25	—	30	37		19.3
5. Madera prensada.	—	—	—	7	9	8	12	—	—	—		3.31
6. Panel asbesto-cemento y poliestireno.	7	10	11	—	12	10	17	—	25	27		15.31
7. Madera Pino Isigne.	9	12	11	—	13	17	24	33	—	—		12.50

DATOS PROPORCIONADOS POR EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYES DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

ASESORIAS DE COLOCACION DE CEMENTO EXPANDIDO REALIZADAS POR EL
INSTITUTO DE EDIFICACION EXPERIMENTAL - UNIVERSIDAD DE CHILE



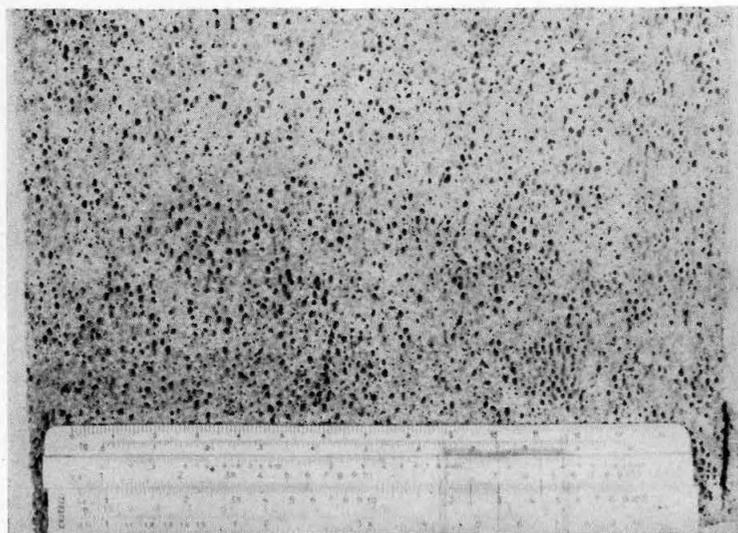
LABORATORIO DE FISICA. INSTITUTO PEDAGOGICO.

1. Mayo 1959	Departamento de Edificación Facultad de Arquitectura. Obra: Laboratorios de Física Instituto Pedagógico.	12,6 m ²
2. Abril 1960	Arqto. Sergio González. Obra: Casa Particular Las Hualtatas 4717.	8,3
3. Junio 1960	Arqto. Hermógenes Pérez. Obra: Casa Habitación Las Peñas 3067.	16,3
4. Agosto 1960	Arqto. Ricardo Tapia. Obra: Edificio de Departamentos, Cuevas 760 - Rancagua,	12,0
5. Septiembre 1960	Arqto. Ricardo Tapia. Obra: Bodegas Fábrica, Indepen- dencia 4154.	12,5
6. Abril 1961	Arqto. Ricardo Tapia. Obra: 6 Casas Habitación, Augus- to Villanueva 82.	18,9
7. Abril 1961	Arqto. Ricardo Tapia. Obra: Casa Habitación, Rapa Nui 337.	10,2
8. Septiembre 1961.	"Vireco Ltda.". Obra: Casa Habitación, Juan Moya Morales 73.	7,0

TOTAL:	97,8 m²
SUPERFICIE:	1,956,0 m²

BIBLIOGRAFIA

1. JOURNAL OF THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE". Mayo-Junio 1954, N.os 9 y 10. Artículo de R. C. Valore Jr. "CELULAR CONCRETE".
2. "CAHIERS DU BATIMENT". Enero de 1940. Nº 29. Artículo de M. J. Chefdeville "LES BÉTONS LÉGERS".
3. "CAHIERS DU BATIMENT". Enero de 1949, Nº 30. Artículo de J. Demarre. "LES BÉTONS CELLULAIRES".
4. "PRIMERA ASAMBLEA GENERAL". Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Nº 124. Conferencia sobre "HORMIGONES LIGEROS" de Francisco Arredondo V. y Conferencia sobre "ALGUNAS REALIZACIONES CON HORMIGONES LIGEROS" de Ignacio Vivanco.
5. "MANUAL DE MATERIALES". George S. Brady. Editorial Nigar. Buenos Aires, 1951.
6. "HORMIGÓN GASEOSO, HORMIGÓN ESPUMOSO, HORMIGÓN DE CAL LIVIANO" de Otto Graf.
7. "AGENTES TENSIOSACTIVOS ATLAS". Atlas Powder Company.
8. "CATÁLOGO DE LA CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN".
9. INFLUENCIAS FÍSICO-QUÍMICAS SOBRE LOS HORMIGONES EN MASA Y ARMADOS". A. Kleinlogel.
10. "MANUAL PARA LA APLICACIÓN DEL CEMENTO MELÓN EN LAS CONSTRUCCIONES". Publicación de Fábrica de Cemento "El Melón".
11. "CONSTRUCCIONES CON PREFABRICADOS DE HORMIGÓN Y HORMIGÓN ARMADO". Kiehne-Bonatz. Editorial Reverté S. A. 1954.
12. "THE THERMO-CON CELLULAR CONCRETE SYSTEM". Higgins Inc.
13. "SEMINARIO SOBRE HORMIGONES". Facultad de Arquitectura. Patricio Díaz.
14. "LIGHWEIGHT CONCRETE AGGREGATES". Bureau of Reclamation. Departamento del Interior EE. UU.
15. "PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT CONCRETI AGGREGATES FROM CLAYS, SHALES SLATE AND OTHER MATERIALS". Bureau of Mines Departamento del Interior EE. UU.
16. "ESTUDIO EXPERIMENTAL DE HORMIGONES D AGREGADOS LIVIANOS": Tesis de Título d Juan Andalaff e Isaac Nahmias, 1957.
17. "JOURNAL OF THE AMERICAN CONCRET INSTITUTE". Número de Octubre 1948; Abr y Mayo 1949; Septiembre 1951 y Octubre 1956.
18. "HORMIGONES LIVIANOS". Memoria para optar al Título de Ingeniero. Garabito y Muñoz. Universidad de Chile. 1959.



CORTE PROBETA DE
CEMENTO EXPANDIDO.