

## **DETERMINACION DE LA RELACION CONDUCTIVIDAD TERMICA - DENSIDAD EN HORMIGONES Y MORTEROS. CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE HABITABILIDAD.**

Vicente Leonardo Volantino, Jorge N. Rodríguez Velo

División Habitabilidad Higrotérmica, CECON, INTI  
Casilla de correo 157 (1650) San Martín Prov. Buenos Aires ARGENTINA  
Fax: 753-5784 - Email : INTI@SPI-CIS.COM

### **RESUMEN**

Se presentan valores de conductividad térmica de diferentes tipos de morteros y hormigones, cuyas mediciones fueron realizadas sobre materiales de fabricación nacional. Para cada variante ensayada, se determinó su relación con la densidad.

En este trabajo, se describen todas las etapas del procedimiento empleado, desde la fabricación de los especímenes hasta la ejecución del ensayo para la determinación de la conductividad térmica.

Además, se determinan los espesores mínimos necesarios a aplicar sobre un tabique de hormigón armado estructural, de manera que cumpla con los requisitos normativos de aislación térmica, establecidos para Buenos Aires. Se comparan con los calculados para un tabique de hormigón de arcilla expandida. En ambos casos, se consideraron las densidades extremas de cada material.

Se calculó también la transmitancia térmica y la pérdida anual de energía, de paredes con los diferentes revoques de espesor constante.

### **INTRODUCCIÓN**

Se presentan valores de medición de la conductividad térmica de morteros y hormigones realizados en nuestros laboratorios, en la División Habitabilidad Higrotérmica de INTI, por el método de la placa caliente [1]. Debido a que de muchos de ellos, no se pudieron encontrar antecedentes a nivel mundial, se consideró importante hacer este trabajo utilizando materiales de fabricación nacional, que permite asimismo aportar información a las tablas de la Norma IRAM 11601 [2], ya que la búsqueda realizada permitió evidenciar la insuficiencia de contar sólo con los valores de densidad - conductividad térmica. En algunos casos no se pudo establecer a que tipo de material se referían los valores que se encontraban en las tablas. El inconveniente que se presenta, es que subsisten en la misma tabla hormigones y morteros plásticos homogéneos y hormigones unigranulares (cavernosos o sin finos), que no son plásticos sino secos (asentamiento "0" con el Cono de Abram). Se considera importante que, además de la relación densidad - conductividad térmica, se complemente con una tabla en la que aparezcan otras características físicas y tecnológicas de las mezclas, que configuraría el respaldo necesario de los valores hallados. Esto que se describe, en alguna medida está encarado en las tablas del libro Thermal Conductivity Nonmetallic Solids volume 4 [3].

En este trabajo, se vierten los valores medidos y tabulados para cada variante y se determinó la ley de variación de la conductividad térmica con la densidad, mediante una regresión lineal. De cada variante, se utilizaron los valores extremos de densidad, para calcular los espesores mínimos necesarios a aplicar a un tabique de 0.10 m de hormigón armado con agregados pétreos, con el objeto de cumplir con los requisitos de aislación térmica establecidos en la Norma IRAM 11605 [4]. Por razones de espacio, este cálculo se realiza sólo para Buenos Aires, pero la metodología es válida para cualquier otra localidad.

Luego se reemplazó el tabique por uno de hormigón armado de arcilla expandida, habiéndose comprobado la disminución de aislación térmica. Esto se realizó, para mezclas de menor y de mayor densidad.

Por otra parte, se presentan los resultados de transmitancia térmica y de pérdida de calor anual, correspondientes a paredes constituidas por el mismo tabique de hormigón armado, con revoques a ambos lados de espesor constante, correspondientes a cada variante de material ensayado

### **MATERIALES UTILIZADOS**

Los materiales sobre los que se han efectuado los ensayos referidos, son los que se describen seguidamente.

- 1.- Hormigón de Arcilla Expandida (HSAE) (Estructural en sus mayores valores y de distintas características a medida que va disminuyendo su densidad, entre ellos están incluidos los unigranulares, también llamados cavernosos o sin finos). Se hizo una tabla única porque carecemos de más datos.
- 2.- Mortero de Perlita Expandida y Cemento, (MPEYC) (Plásticos en sus densidades mayores y de características desconocidas, a medida que disminuye la densidad).
- 3.- Mortero de Perlita Expandida, Cemento y Arena (MPECA) (idem anterior).
- 4.- Hormigón de Copos de Poliestireno Expandido (HCPOLEX) (idem anterior).
- 5.- Hormigón de Granulado Volcánico (HGV) (idem anterior).
- 6.- Hormigón Celular Normal de Arena Sílice (CTCCCEL)
- 7.- Hormigón Celular con Escoria de Alto Horno (HCELCEAH)

### **PREPARACION DE LOS ESPECIMENES**

Para la fabricación de las probetas, se utilizaron moldes de acero inoxidable, de 1 cm. de espesor, dispuestos en forma vertical, de manera de asegurar la planicidad y el paralelismo de las caras principales de aquellas. Las dimensiones de las

### **Nota Técnica**

probetas son 0,60 m. por 0,60 m. por 0,10 m. de espesor. Para cada caso, se construyeron dos probetas idénticas, de modo de adecuarse a las condiciones del método de ensayo. Una vez realizado el moldeado de las probetas, se dejó transcurrir 48 horas antes de desmoldearlas. Luego, fueron colocadas en una cámara de curado ( $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  ;  $\geq 95\% \text{HR}$ ), durante 28 días. A continuación, se las sometieron al proceso de secado, en estufa a una temperatura controlada de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta que consiguiesen la condición de peso constante (se considera que alcanzan constancia de masa, cuando entre pesadas sucesivas, con un intervalo de 2 horas, la diferencia no sea mayor que el 0,25%). Cumplido este requisito, se dejaron aclimatar las probetas al ambiente del laboratorio, hasta que lograron estabilizarse con el mismo. En esta instancia, se hallaban preparadas para ser ensayadas para la determinación de la conductividad térmica.

### MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

El método de medición de la conductividad térmica utilizado, es el denominado "Placa caliente con placa de guarda", que se ajusta a lo estipulado en las normas ISO 8302, ASTM C 177 e IRAM 11559 [1]. Este método permite efectuar ensayos sobre probetas de hormigón, materiales de alta densidad, o sistemas constructivos multicapas que posean cámaras de aire. Con este método, se puede hallar el valor de conductividad térmica, para cualquier temperatura media de la probeta, dentro del rango comprendido entre 0 y  $120^{\circ}\text{C}$ . Normalmente, se lo realiza a una temperatura media de  $20/25^{\circ}\text{C}$ , para cualquier material de construcción, con el objeto de obtener valores comparativos.

### PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En las Figuras N°1 a N°5, se representan los valores procedentes de las mediciones realizadas para los diferentes materiales y para sus distintas densidades, como así también, la regresión lineal correspondiente. En la Figura N°6, se detalla además la procedencia de otros datos incorporados; mientras que en la Figura N°7, sólo se representan valores extraídos de la tabla de la norma IRAM. En la Tabla N° 1, se detalla para cada variante ensayada, los valores de conductividad térmica obtenidos para las densidades extremas, como resultado de haber aplicado una regresión lineal sobre los puntos de medición.

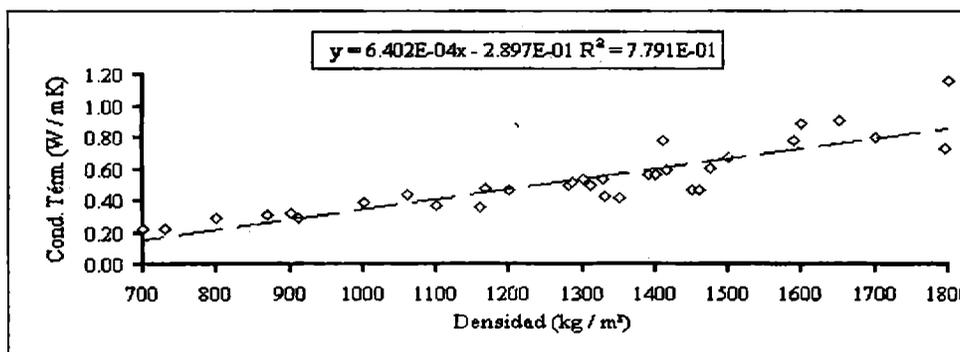


Figura N° 1 Hormigón de arcilla expandida

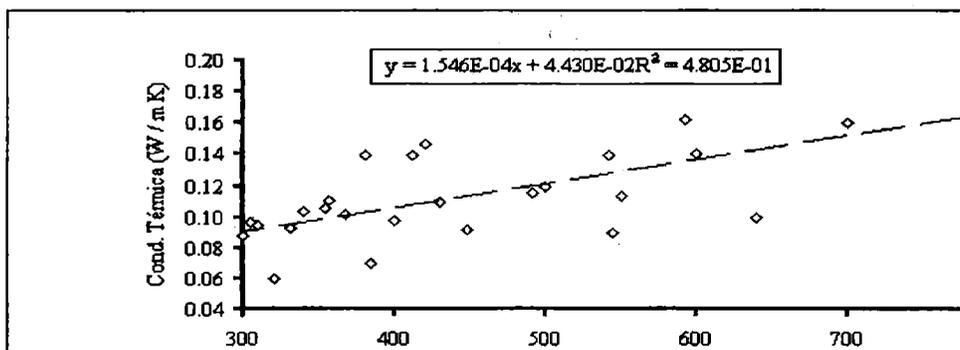


Figura N° 2 Mortero de perlita expandida y cemento

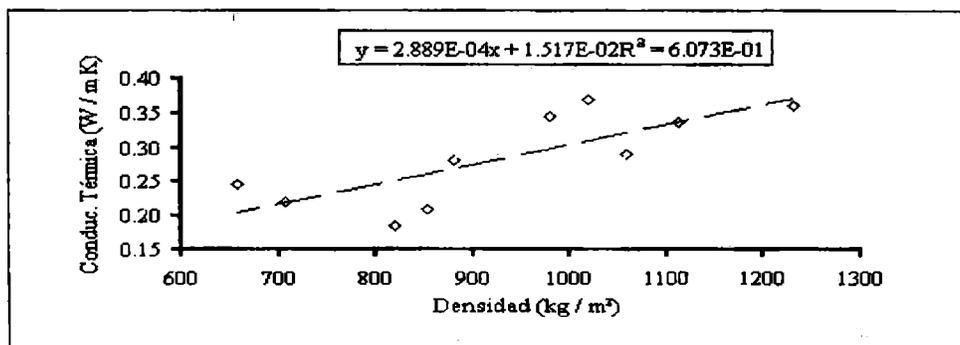


Figura N° 3 Mortero de perlita expandida, cemento y arena

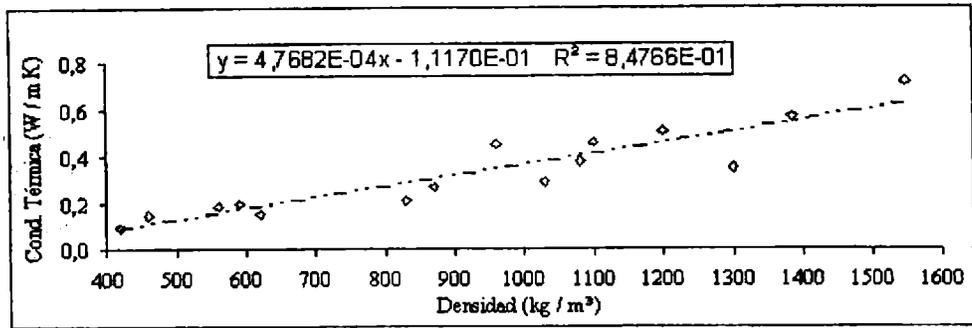


Figura N° 4 Hormigón de copos de poliestireno expandido, cemento y arena.

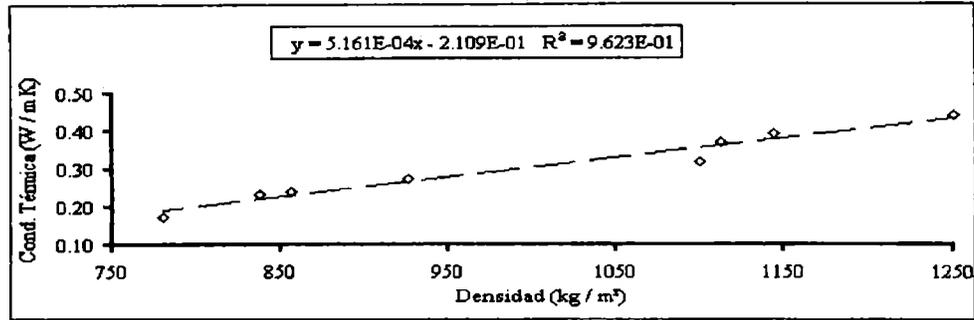


Figura N° 5 Hormigón de granulado volcánico.

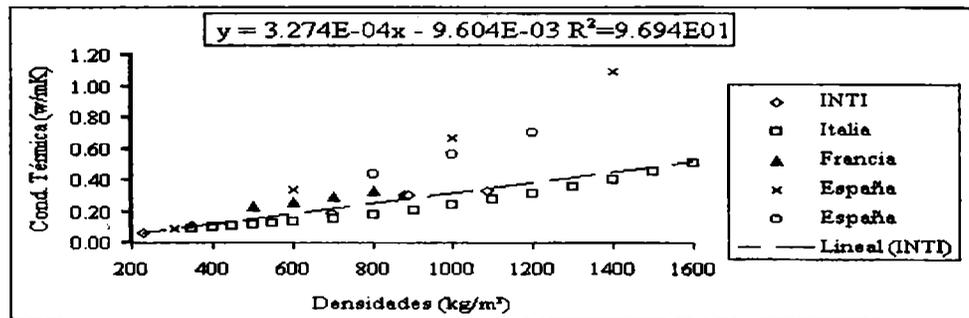


Figura N° 6 Concreto celular

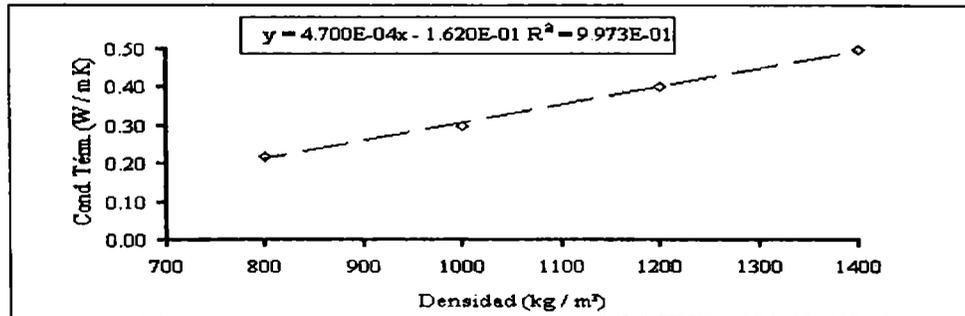


Figura N° 7 Hormigón celular con escoria de alto horno.

Tabla 1

N°	Material	Mínimo		Máximo		Figura N°
		$\rho$ (kg/m³)	$\lambda$ (W/mK)	$\rho$ (kg/m³)	$\lambda$ (W/mK)	
1	HAP	2400	1,63			
2	HSAE	700	0,16	1800	0,86	1
3	MPEYC	300	0,09	810	0,17	2
4	MPECA	658	0,21	1231	0,37	3
5	HCPECA	420	0,09	1547	0,63	4
6	HGV	750	0,18	1250	0,43	5
7	CTCCEL	230	0,07	1600	0,51	6
8	HCELEAH	800	0,21	1400	0,50	7

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Sobre la base de un tabique de 0,10 m. de espesor de hormigón armado, se halló para cada variante, el espesor necesario para cumplir con los requisitos de aislación térmica definidos en la normativa específica (IRAM 11605), para la ciudad de Buenos Aires. De acuerdo con la norma IRAM 11603, la temperatura exterior de diseño para esta localidad es de 3,1 °C. Esto implica un valor de transmitancia térmica máximo admisible de 1,85 W/m<sup>2</sup>K, correspondiente al nivel mínimo de confort para invierno. En la Tabla N°2, se dan los espesores necesarios de cada material ( $e_{adm}$ ) que permiten conseguir el requerido valor de transmitancia térmica (K) de la pared. Los espesores se expresan redondeados, considerando que en obra es difícil estimar el milímetro.

Tabla 2

Material	$\rho_{min}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor mín. necesario		$\rho_{max}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor mín. necesario	
		HAP (cm)	HAAE (cm)		HAP (cm)	HAAE (cm)
H S A E	700	5,1	4,2	1800	27,2	22,6
M P E Y C	300	2,8	2,4	810	5,4	4,5
M P E C A	658	6,6	5,5	1231	11,7	9,7
H C P E C A	420	2,8	2,3	1547	19,8	16,4
H G V	750	5,7	4,7	1250	13,6	11,3
C T C C E L	230	2,2	1,8	1600	16,1	13,4
H C E L E A H	600	6,6	5,5	1400	15,8	13,1

Tabla 3

Material	$\rho_{min}$ (kg/m <sup>3</sup> )	K = 1 / R (W/m <sup>2</sup> K)	Q (Mj / m <sup>2</sup> )	$\rho_{max}$ (kg/m <sup>3</sup> )	K = 1 / R (W/m <sup>2</sup> K)	Q (Mj / m <sup>2</sup> )
M P E Y C	300	1,28	197,5	810	1,93	297,0
M P E C A	658	2,16	333,0	1231	2,78	428,4
H C P E C A	420	1,27	195,2	1547	3,29	506,2
H G V	750	1,99	306,7	1250	2,94	452,1
C T C C E L	230	1,07	164,1	1600	3,10	477,7
H C E L E A H	600	2,16	333,0	1400	3,08	474,8

Luego se reemplazó el tabique de hormigón armado pétreo por un hormigón armado de arcilla expandida estructural, habiéndose obtenido una disminución en el espesor de los revoques necesarios, del orden del 17%. Otra manera de utilizar los valores resultantes de cada material ensayado, es considerando su empleo a través del agregado de espesor constante (5 cm), a una pared que se halla constituida por el mismo tabique de hormigón armado, con el objeto de hallar su performance térmica. En la Tabla N°3, se detallan los valores correspondientes de K y de la cantidad de energía calórica perdida por año y para una superficie de 1 m<sup>2</sup> de pared, para cada una de las variantes de revoque mencionadas. Para el cálculo, se utilizaron los datos de temperatura mínima mensual de Buenos Aires, correspondientes al promedio de la década 1981/90 [5], para la temperatura exterior y se adoptó 18°C para el aire interior.

## CONCLUSIONES

Se eligieron morteros y hormigones que han sido investigados y cuyas mediciones realizadas en INTI. Existen materiales tales como la vermiculita ó cáscaras de arroz, entre otros, que se utilizan para realizar hormigones, pero de los que no se disponen suficientes mediciones. En el agrupamiento de los hormigones por el tipo de materiales componentes, no se puede inferir la distribución entre mezclas homogéneas, plásticas en estado fresco y discontinuas en estados seco. Es decir, que no se pueden elegir solo por su conductividad térmica, pues pueden llevar a diseños impracticables en el momento de su aplicación. Mientras las mezclas plásticas se pueden aplicar como revoque, las secas se pueden utilizar en el proceso de fabricación de tabiques premoldeados, como fondo de molde y para terminación superficial, ya que resulta algo rugosa y porosa. En los ejemplos de aplicación, se puede apreciar la gran disparidad de resultados entre los distintos materiales, cuando se halla el espesor necesario a agregar al tabique, para alcanzar la condición requerida.

## REFERENCIAS

- [1] ASTM C177, ISO 8302. Thermal insulation. Determination of steady-state and thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus./ IRAM 11559 (1994) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Método de determinación de la conductividad térmica de los materiales de construcción mediante el aparato de placa caliente
- [2] IRAM 11601 (1994). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
- [3] Y.S.Touloukian, R. W. Powell, C.Y.Ho., P. G. Klemens. IFI / Plenum.NewYork Washington.1970. Third Printing - February 1978 - Printed in the United States of America. Thermal Conductivity Nonmetallic Solids.
- [4] IRAM 11605. (1997) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- [5] IRAM 11603. (1992) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- [6] Estadísticas Climatológicas. Período 1981-1990. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina.