

## MEDICION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA DE TECHOS INCLINADOS

Vicente Volantino \*, Jorge Cornejo \*, Eduardo López \*,  
Victor Moruga \*, Luis Rayson \*

### RESUMEN

Como ya se ha expuesto en anteriores reuniones de trabajo [1], [2], en la División Habitabilidad del Departamento de Construcciones del INTI, se efectúan ensayos que permiten determinar el coeficiente de transmitancia térmica de elementos constructivos dispuestos en posición vertical. Estas evaluaciones prácticas se realizan siguiendo las pautas establecidas en el método descrito en la Norma ASTM C 236 [3].

Este ensayo que se viene realizando desde hace 20 años, constituye uno de los servicios característicos que el laboratorio brinda tanto a la industria de la construcción como a organismos públicos o privados, interesados en conocer el comportamiento térmico del elemento constructivo de que se trate.

A partir de una propuesta de trabajo solicitada por una industria de la construcción y debido a la experiencia adquirida en el tema, fue posible encarar la tarea de realizar ensayos de determinación de transmitancia térmica de sistemas constructivos utilizados como cubierta.

Las variantes propuestas para su evaluación, fueron techos de tejas cerámicas con estructura de madera, en las que se definieron distintos tipos de aislación térmica.

El trabajo consistió, en una primera etapa, en realizar las determinaciones de las variantes de cubierta, pero dispuestas en posición vertical, utilizando el equipo existente en el laboratorio, a fin de ajustar los resultados obtenidos considerando la calibración correspondiente. Esta se lleva a cabo ensayando una probeta de referencia, cuya conductancia térmica es conocida [4]. Posteriormente, se implementaron los ensayos correspondientes de las mencionadas variantes de cubiertas, dispuestas de tal manera que formen un ángulo de inclinación con la horizontal.

Se determinó también, la variación del coeficiente de transmitancia térmica de un determinado elemento constructivo con ángulo de inclinación.

Las condiciones de ensayo que se implementaron, corresponden a una situación de flujo de calor descendente a través del techo.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos, solamente a título comparativo, de los diferentes casos ensayados.

\* División Habitabilidad - Departamento de Construcciones  
INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)  
CC 157 - CP 1650 - San Martín - Prov. Bs. As.

## 1. INTRODUCCION

El método de ensayo utilizado, para la determinación del coeficiente de transmitancia térmica de elementos constructivos, es el conocido como "caja caliente con caja de guarda". El mismo permite realizar mediciones en el laboratorio de la transferencia de calor a través de una probeta bajo condiciones controladas de temperatura.

Básicamente, consiste en dos cámaras o cajas, llamadas fría y caliente, que se disponen a uno y otro lado de la probeta a ensayar.

La caja caliente o caja de medición cubre un área de  $1 \text{ m}^2$  y está rodeada por una caja de protección, llamada caja de guarda de aproximadamente  $4 \text{ m}^2$  de sección.

La caja fría tiene idéntica sección que la caja de guarda.

El ensayo se realiza bajo condiciones de régimen permanente y a valores de temperatura tales, que permita establecer una diferencia de  $30 \text{ C}$  como mínimo, entre las superficies opuestas de la probeta.

La transferencia de calor a través de la probeta, se determina a partir de la medición de la cantidad de calor neta que se aporta a la caja de medición, con la correspondiente corrección debido a las pérdidas existentes por las paredes de la misma hacia la caja de guarda y a las pérdidas perimetrales de cajas y probeta. Estas pérdidas pueden estimarse, mediante calibración del equipo de ensayo, utilizando probetas cuyas propiedades térmicas son conocidas.

Las pérdidas de calor a través de las paredes de las cajas, se minimizan utilizando paredes de muy alta aislación térmica y, cuando es necesario, controlando la temperatura ambiente que circunda a todo el equipo de ensayo.

## 2. CALIBRACION DEL ENSAYO

Para la calibración del ensayo se utiliza un panel de referencia, del cual se conoce el valor de conductancia térmica.

El mismo está constituido por un panel tipo sandwich con núcleo de poliestireno expandido y recubierto por madera aglomerada en ambas caras, y sus dimensiones son:  $2,40 \text{ m}$  de altura por  $2,40 \text{ m}$  de ancho es decir, de acuerdo a la sección que poseen la caja fría y la caja de guarda.

El valor de conductancia térmica del panel de referencia se determinó mediante la utilización de otro equipo existente en el laboratorio, que utiliza un método patrón de ensayo [4], pero que requiere, para tal fin, probetas de dimensiones mucho menores.

De esta manera, se obtiene un valor de conductancia real  $C_r$ , obtenido por el método patrón y otro  $C_m$ , correspondiente al ensayo de transmitancia térmica. La diferencia entre ambos resulta:

$$C_r - C_m = \frac{E}{(T_c - T_f)}$$

donde  $(T_c - T_f)$  es la diferencia de temperaturas entre superficies caliente y fría del panel, y  $E$  la potencia de pérdidas por unidad de superficie.

En este valor de  $E$ , se considera además de las pérdidas de calor por las paredes de la caja caliente y por el contorno de la

probeta, el aporte debido a la potencia entregada por el ventilador de la caja caliente.

Una vez hallado el valor E, se utilizará en los sucesivos ensayos, para corregir el valor de conductancia y/o transmitancia térmica de las probetas que se experimenten.

### 3. ENSAYOS

Se construyeron probetas de 2,40 m por 2,40 m, de techo de tejas cerámicas francesas con estructura de madera compuesta por un entablonado de machimbre, que constituye el cielorraso y sobre este se colocaron tirantes de madera de 0,022 m, para el clavado de las tejas.

Las distintas variantes de techo planteadas para su evaluación práctica, se definieron en función de diferentes tipos de aislación térmica. Los casos que se consideraron fueron:

- Variante con 0,019 m de poliestireno expandido ( $10 \text{ kg/m}^3$ ) y ruberoy sobre el entablonado de madera.
- Variante con 0,03 m de lana de vidrio ( $16,3 \text{ kg/m}^3$ ) y ruberoy sobre el entablonado de madera.
- Variante con cámara de aire libre (espesor promedio 0,04 m aproximadamente), y con película de aluminio de muy baja emisividad sobre el entablonado de madera.

#### 3.1 VALIDACION EXPERIMENTAL

Los primeros ensayos que se realizaron fueron sobre probetas dispuestas en posición vertical, de manera tal de poder comparar los valores de transmitancia térmica obtenidos para las distintas variantes, con los correspondientes a determinaciones hechas con este método sobre gran cantidad de paredes y paneles ([1], [2]). En todos los casos ensayados, se controlaron y mantuvieron las temperaturas siempre constantes, a ambos lados de la probeta bajo prueba. Para la superficie del lado caliente se estableció una temperatura de 40 C, mientras que para la superficie del lado frío se controló a 10 C.

Obviamente, la dirección del flujo de calor preponderante para estos ensayos fue horizontal y el sentido del flujo de calor entrante por la superficie exterior del techo (tejas cerámicas) y saliente por la superficie interior (entablonado de madera), pudiéndose considerar como una condición de ensayo correspondiente a verano.

#### 3.2 RELACION POR INVERSION EN EL SENTIDO DEL FLUJO DE CALOR.

Para la tercera variante de techo, antes descripta, se realizó una alternativa, que consistió en invertir el sentido del flujo de calor sobre la probeta.

Esto es, se colocó a la misma en una posición totalmente opuesta a la situación anterior, de manera que el flujo de calor fuese entrante por la superficie interior (entablonado de madera) y por ende, saliente por la superficie exterior (tejas). Esta situación, podría también considerarse como una condición de ensayo correspondiente a invierno.

Como en los ensayos anteriores, las temperaturas de control de las dos superficies a ambos lados de la probeta se mantuvieron en los mismos valores (40 C y 10 C).

Para esta variante se pudo determinar que el hecho de haber invertido el sentido del flujo de calor, provocó un incremento en el valor de la transmitancia térmica. Es decir, que el cambio de la condición de verano a la condición de invierno, para el ensayo de la misma probeta, aumentó el coeficiente K en algo más de 13%.

#### 4. DISPOSITIVO DE ENSAYO

Para la realización de los ensayos de techos inclinados, se diseñó y construyó un dispositivo especial que pudiera adaptarse al equipo de transmitancia térmica existente.

Dicho dispositivo, está constituido por una estructura de perfiles metálicos en U, sobre la que se realizó el montaje de las cajas de ensayo (caliente con guarda y fría), a modo de guía de translación. La estructura se completa con otros perfiles de soporte de todo el sistema, tal como se observa en la figura N° 1.

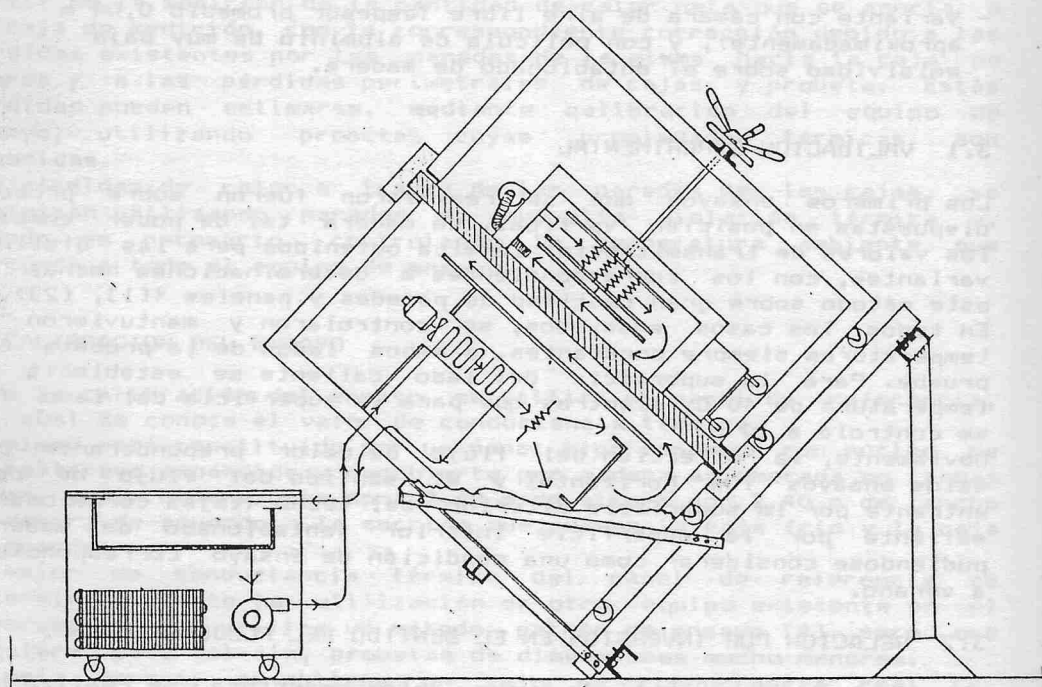


FIGURA 1

El conjunto completo (estructura y cajas de ensayo), se fue levantando desde un extremo (el derecho de la figura 1), con un puente grúa hasta alcanzar el ángulo de inclinación deseado. Luego, se lo dejó apoyado sobre columnas de hierro, ubicadas en el mismo extremo derecho de la figura.



## 5. DETERMINACIONES REALIZADAS

### 5.1 ENSAYOS SOBRE DISTINTAS VARIANTES DE TECHO

Se hicieron determinaciones de transmitancia térmica del sistema de techo, para las mismas variantes descritas en 3, y se agregaron dos nuevas alternativas correspondientes a:

- Variante con cámara de aire dividida en dos partes por lámina de aluminio con baja emisividad en ambas caras. Los espesores de la cámara de aire son de aproximadamente 0,04 m (valor promedio) el superior y de 0,02 m el inferior.
- Variante con cámara de aire libre (espesor promedio 0,04 m aproximadamente) y membrana asfáltica con película de aluminio (espesor 0,004) sobre el entablonado de madera.

### 5.2 RESULTADOS COMPARATIVOS

Tomando el valor de transmitancia térmica correspondiente a la variante N°1 (techo con aislación de poliestireno expandido) como valor de referencia, los coeficientes K obtenidos para los otros casos se modificaron de acuerdo a la siguiente relación:

Variante N°2:	13%	más aislante
Variante N°3:	17%	más aislante
Variante N°4:	41,8%	más aislante
Variante N°5:	12,3%	más aislante

### 5.3 VARIACION DE K CON LA INCLINACION DEL TECHO

$$\text{VARIACION DE K} = f(\alpha)$$

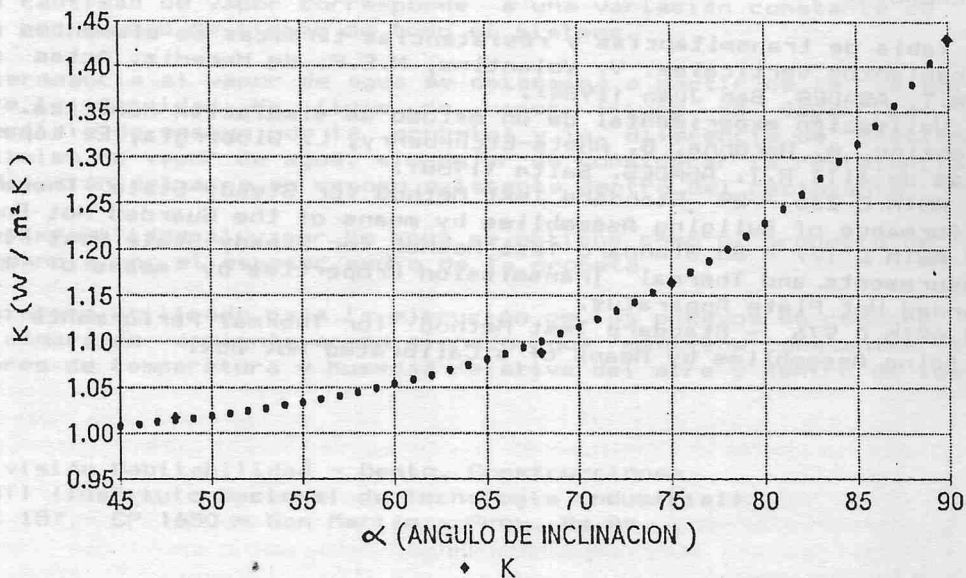


FIGURA 2

Debido a la posibilidad de variar el ángulo de inclinación, que presenta el dispositivo de ensayo, se realizó sobre la tercera variante de techo descripta precedentemente, una experiencia consistente en realizar determinaciones de transmitancia térmica para distintas posiciones de la misma. Se hicieron ensayos a 48°, 68°, 75° y 90° (vertical), de la referida probeta y los resultados se graficaron, con la intención de obtener una ley de variación del coeficiente K con el ángulo de inclinación (figura N°2)

## 6. CONCLUSIONES GENERALES

Si bien los ensayos, y consiguientemente los resultados, obtenidos, se realizaron sobre un solo sistema constructivo de techo (con las distintas variantes de aislación térmica que se utilizaron), se pudo verificar para todos los casos, el grado de confiabilidad que el equipo de medición ofrece. Cada una de las variantes ensayadas fueron corroborados sus resultados por el método de simulación numérica existente, el que fue validado en forma experimental oportunamente [2].

Cabe aclarar, que el dispositivo que permite la inclinación del sistema ensayado, fue diseñado específicamente para los tipos de techo descriptos, y que su utilización puede extenderse a otros que posean un peso por unidad de área similar o inferior.

Para techos de mayor peso, se deberá desarrollar un nuevo dispositivo que permita sostener cualquier tipo de sistema constructivo, y con la posibilidad, además, de poseer mayor flexibilidad en la obtención de ángulos de inclinación de las probetas, que las presentadas en este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] Tabla de transmitancias y resistencias térmicas de elementos de cerramientos verticales. V. Volantino, M.E.P. de Merediz. Actas de IX R.T. ASADES. San Juan (1984).
- [2] Validación experimental de un método de simulación numérica. V. Volantino, A. Maronna, G. Ahets-Etcheberry, L. Giobergia, E. López. Actas de XIII R.T. ASADES. Salta (1988).
- [3] ASTM C 236 - 89 Standard Test Method for Steady-State Thermal Performance of Building Assemblies by means of the Guarded Hot Box.
- [4] ASTM C 177 - 85 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by means of the Guarded Hot Plate Apparatus.
- [5] ASTM C 976 - Standard Test Method for Thermal Performance of Building Assemblies by Means of a Calibrated Hot Box.