




# INFORME DEL ENSAYO

| **SQM\_518\_2020** |

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (NORMAS UNI EN 1745) DE BLOQUES DE LADRILLO DENOMINADOS "LADRILLO DE CERRAMIENTO 12X18X33 cm 9 TUBOS" Y SUMINISTRADOS POR LA EMPRESA "CERAMICA FANELLI" DE LOS HORNOS. LA PLATA - PROVINCIA DE BUENOS AIRES - ARGENTINA**

LUGAR Y FECHA DE EMISIÓN:	Faenza, 07/12/2020
CLIENTE:	<b>Ceramica Fanelli</b>
PLANTA:	STABILIMENTO DE LOS HORNOS. LA PLATA PROVINCIA DE BUENOS AIRES- ARGENTINA
TIPO DE PRODUCTO:	<i>Bloques de ladrillo</i>
NORMATIVAS APLICADAS:	UNI EN 1745
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	16/11/2020
FECHA DE EJECUCIÓN ENSAYOS:	Noviembre de 2020
ENSAYOS REALIZADOS POR:	CertiMaC, Faenza

*NOTA: Los resultados del presente informe de ensayo se refieren exclusivamente a la muestra presentada para los ensayos descritos a continuación. Es de uso exclusivo del Cliente dentro de los límites previstos por la normativa obligatoria y no puede ser reproducido (en papel o digital) parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.*

Ejecución	Redacción	Aprobación
<i>_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_</i> 	<i>_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_</i> 	<i>_Ing. Luca Laghi_</i> 
Revisión --		Página 1 de 8

## 1 Introduzione

El presente informe describe el ensayo de:

- Determinación de la conductividad térmica a la temperatura media de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda_{10, \text{mat}}$ .

Realizada en muestras extraídas de las muestras de bloques de ladrillo, enviadas al laboratorio CertiMaC de Faenza por el Cliente como se indica en las ref. 2-a, 2-b.

## 2 Referencias

- Presupuesto: prot. 20423/lab del 09/11/2020
- Confirmación del pedido: e-mail del 10/11/2020.
- Norma UNI EN 1745:2012. Albañilería y productos para albañilería. Métodos para determinar las propiedades térmicas de proyecto.
- Norma UNI EN 12664:2002. Rendimiento térmico de los materiales y de los productos para la construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente protegida y el método del medidor de flujo de calor. Productos secos y húmedos de baja y media resistencia térmica.
- Norma ASTM E1530:2006. Método de ensayo estándar para la Evaluación de la Resistencia a la transmisión térmica de Materiales mediante la Técnica de Medición del Flujo Térmico Protegido
- Informe CAL\_001\_2017 sobre la calibración de una metodología experimental para la determinación de la conductividad térmica de materiales para el revestimiento edilicio. Rev. del 090220-C-29.
- Informe CAL\_002\_20017 sobre las normas de procedimiento puestas a punto para determinar la conductividad térmica de materiales para el revestimiento edilicio. Rev. del 090220-C-30.
- Informe Técnico del 17/01/2011: Ensayos experimentales con Medidor de flujo térmico 2022 Unitherm™ : análisis de incertidumbre preliminar en mediciones de Conductividad Térmica.
- Norma UNI EN 772-3. Métodos de ensayo para elementos de albañilería. Determinación del volumen neto y del porcentaje de los vacíos de los elementos de albañilería, ladrillos, mediante el pesaje hidrostático.

## 3 Objeto del ensayo

El ensayo se realizó en muestras tomadas en laboratorio partiendo del material entregado en el laboratorio con fecha 14/02/2018 bajo forma de:

- *Nº 10 bloques de pasta cocida de arcilla con unas medidas aproximadas de 325 mm x 121 mm x 178 mm.*

Una reproducción fotográfica de una de las muestras entregadas al laboratorio se encuentra en Figura 1.

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 2 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020

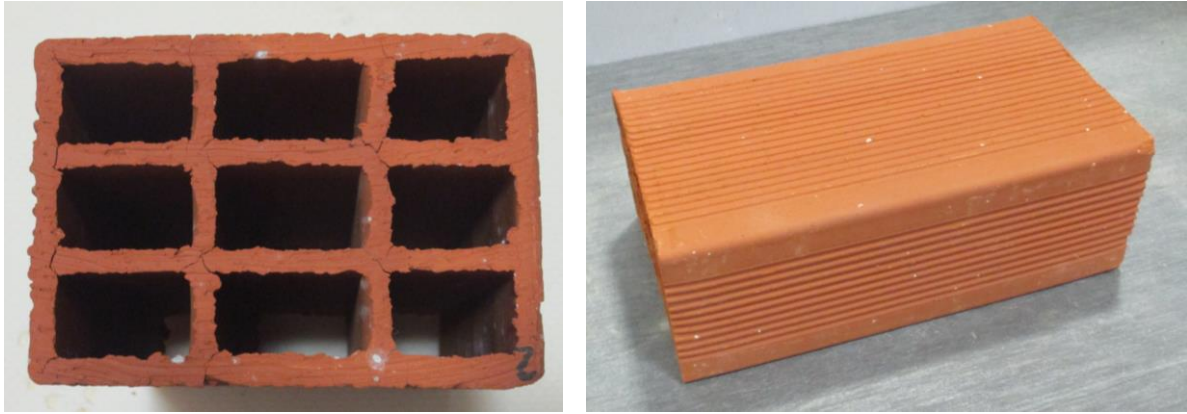


Figura 1. Reproducción fotográfica de la muestra entregada al laboratorio

## 4 Ejecución del ensayo y descripción de los resultados

### 4.1 Metodología del ensayo

El ensayo se realizó respetando las normas 2-c y la norma 2-e, sobre las cuales se basa el principio de funcionamiento del aparato de medición utilizado. Dicho aparato emplea el método con termoflusómetro y placa caliente protegida que permite la determinación de la conductividad térmica de forma indirecta y previo procedimiento de calibración del implementación. La determinación es indirecta dado que se llega a la conductividad pasando a través de la detección directa del flujo térmico a lo largo de un stack de prueba, dentro del cual se introduce la muestra, que reproduce las condiciones ideales, estacionarias y en una dimensión de intercambio térmico. A su vez, el flujo se determina mediante la medición de los saltos térmicos en la muestra y en un material de referencia que compone el medidor de flujo (sensor de flujo térmico).

La calibración, por el contrario, se realiza sobre una serie de muestras de referencia con características térmicas conocidas y certificadas, y permite calcular la conductividad desconocida del material que se está ensayando aprovechando la definición de resistencia térmica  $R_s$  ( $m^2K/W$ ), como se indica en la Ec.(1), la cual está en función del espesor  $s$  de la muestra y de la conductividad térmica  $\lambda$  ( $W/mK$ ):

$$R_s = \frac{s}{\lambda} \quad (1)$$

Donde:

$R_s$  = Resistencia térmica ( $m^2K/W$ )

$s$  = espesor de la muestra (m);

$\lambda$  = conductividad térmica de la muestra ( $W/mK$ )

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 3 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020

El procedimiento de ensayo estándar puesto a punto prevé los siguientes pasos, ilustrados en los párrafos siguientes. Para mayor información respecto al principio de la metodología empleada para la experimentación tomar como referencia los documentos de las Ref. 2-f y 2-g. Al final de la experimentación se evaluó el grado de incertidumbre vinculado a la medición mediante la implementación del modelo de análisis definido en la Ref. 2-h que permite extrapolar la incertidumbre tipo vinculada a la medición.

## 4.2 Control de la densidad de la muestra inicial

Como primer paso se estableció la densidad de las muestras iniciales, como se precisa en la Ref. 2-g "Procedimiento estándar de prueba para la determinación de  $\lambda_{10, dry}$  para los materiales con conductividad desconocida". En el caso de las muestras en examen, el control del volumen neto de la muestra, y por lo tanto la relativa densidad, se realizó mediante el método del pesaje hidrostático como los describe la norma Ref. 2-i. El control de la densidad de las muestras iniciales indica los valores en la Tabla 1.

Al determinar la densidad, se clasifican los bloques con una densidad mínima (n° 3), media (n° 4) y máxima (n° 5), como lo indica la norma de Ref. 2-c y, de dichos bloques, para cada uno, se realizaron los barrenados con muela de taza, luego de los cuales se obtuvo la respectiva muestra de cada bloque con un diámetro ( $50.8 \pm 0.25$  mm), como descrito en el párrafo siguiente.

Muestra inicial Control de la Densidad	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Muestra 1	1794±5
Muestra 2	1802±2
Muestra 3	1792±6
Muestra 4	1811±8
Muestra 5	1912±7
Muestra 6	1794±11
Muestra 7	1797±6
Muestra 8	1798±10
Muestra 9	1799±8
Muestra 10	1806±5

Tabla 1. Control de la densidad en las muestras iniciales

Los valores de masa volúmica divergen entre sí hasta un máximo de 10%. Esto se debe a posibles no homogeneidades de la pasta arcillosa o del proceso de producción. La siguiente prueba realizada en la muestra permitirá confirmar estos valores.

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 4 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020

### 4.3 Realización y acondicionamiento de la muestra

Comenzando con las muestras cuyas densidades se indican en Tabla 1 y sobre la base de los valores de densidad obtenidos en el párrafo 4.2, se realizaron muestras de las cuales se reproduce un ejemplo en Figura 2 mediante la rectificación de las superficies con rectificadora de disco vertical para mejorar el acabado superficial de la muestra obtenida y el paralelismo de las superficies, según la norma de la Ref. 2.d. A continuación se prepara el material en estufa ventilada a 105 °C por lo menos 24 h para alcanzar el estado desecado como lo exige la norma 2-d, hasta alcanzar la condición de masa constante.



**Figura 2. Reproducción fotográfica de una muestra objeto del análisis experimental**

Finalmente, se repite la medición de la densidad en las muestras, con los resultados de la Tabla 2 Tabla 2. Estos últimos se determinaron por vía geométrica (Ref. 2-f) con balanza analítica ( $\pm 0.001$  g) y calibre centesimal ( $\pm 0.01$ mm).

Muestras de bloques de pasta cocida de arcilla, Control geométrico Densidad de las muestras (kg/m <sup>3</sup> )			
Muestra Inicial	Prueba	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Variación % vs valor medido en la Muestra
Muestra 3	CLT2065	1780±9	0,51
Muestra 4	CLT2066	1798±11	0,60
Muestra 5	CLT2067	1778±7	0,42

**Tabla 2. Control densidad de las muestras**

Los resultados obtenidos divergen con respecto a cuanto obtenido en la muestra inicial, con una variación máxima cercana al 0,6 % para la segunda muestra.

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 5 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020

## 4.4 Determinación de la conductividad térmica

En base a la norma 2-d y a la metodología puesta a punto en 2-f y 2-g, se realizaron las pruebas para determinar la conductividad térmica a 10°C aprovechando la recta de calibración elaborada previamente y comprobada.

## 5 Resultados

En Figura 3 se reproduce la recta de calibración que representa la relación  $R_s - \Delta T_s / \Delta T_r$ , donde se destacan los puntos representativos de las mediciones hechas en las tres muestras. El resultado del análisis experimental se corroboró con la repetición de algunos ensayos y la realización de otras mediciones en los materiales de calibración para confirmar cuanto obtenido anteriormente.

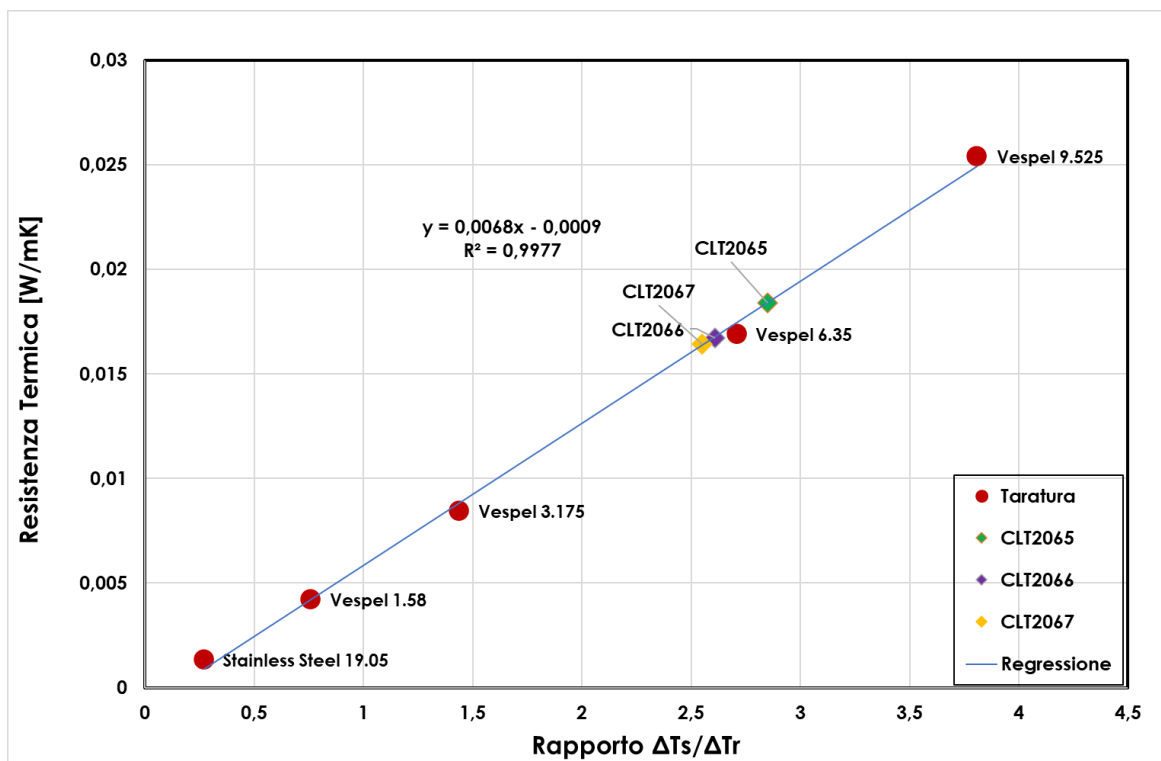


Figura 3. Representación gráfica de los resultados

Además, se implementó en los mismos el modelo de análisis estadístico para definir la incertidumbre tipo (Ref. 2-h).

Del gráfico elaborado en Figura 3 ha sido posible obtener el valor de conductividad térmica  $\lambda_{10, dry}$ , como se indica en Tabla 3.

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 6 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020

Material	Espesor (m)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Conductividad Térmica (W/mK)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
CLT2065	0,00672	1,84E-02	<b>0,365±0,008</b>	1780±9
CLT2066	0,00634	1,67E-02	<b>0,379±0,008</b>	1798±11
CLT2067	0,00634	1,64E-02	<b>0,387±0,008</b>	1778±7

Tabla 3. Valores de conductividad térmica obtenidos de forma experimental

## 6 Conclusiones

De los ensayos realizados se obtienen valores de conductividad térmica comprendidos entre **0,365 y 0,387 W/mK**.

## 7 Lista de distribución

ENEA	Archivo	1 copia
CertiMaC	Archivo	1 copia
Cliente	Ceramica Fanelli	1 copia

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 7 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020

## APÉNDICE A

Se reproduce en Figura 4 el gráfico que muestra la relación entre la conductividad térmica experimentalmente registrada en los materiales en examen y la masa volúmica medido de los mismos. Dichos resultados se comparan visualmente con los valores de las tablas (Cfr Ref. 2-c) suministrados para la misma gama de la masa volúmica.

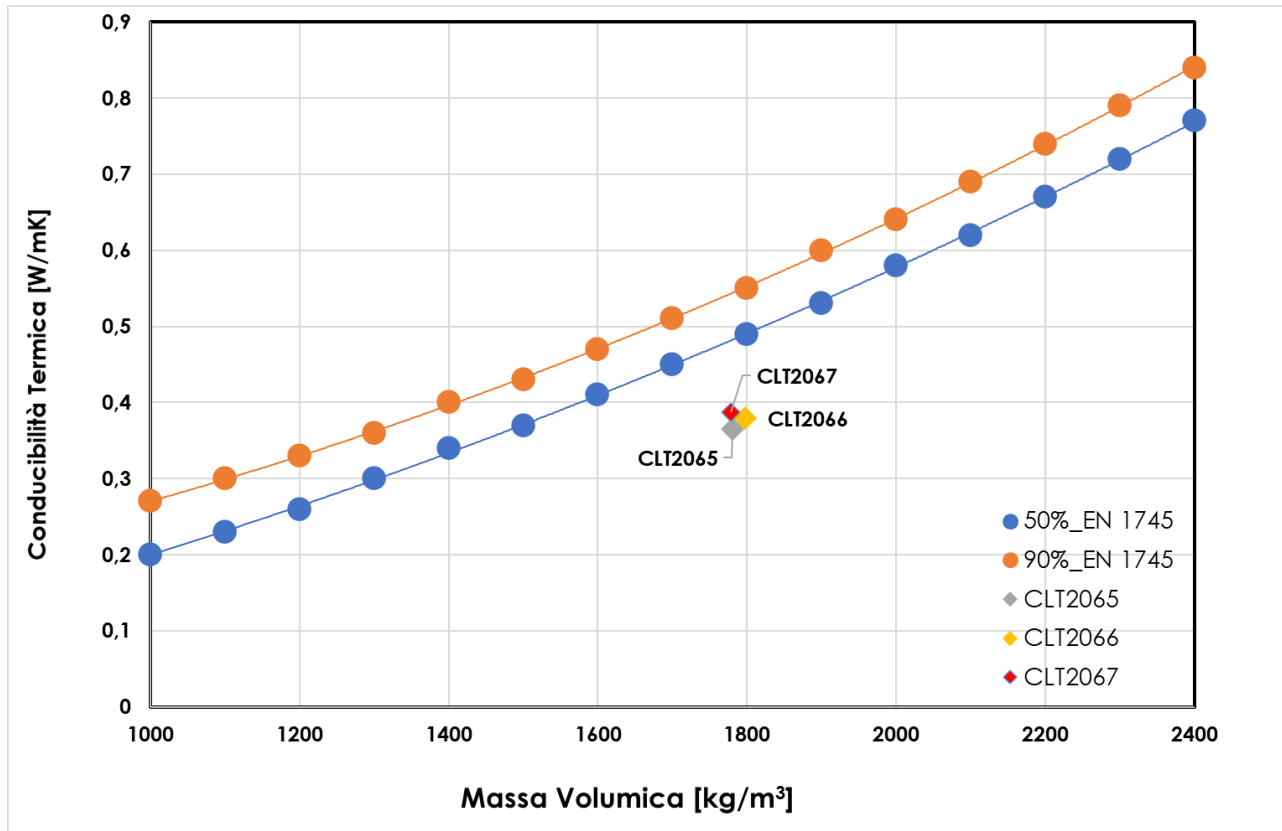


Figura 4. Representación gráfica de los resultados: relación  $\lambda_{10, mat}$ - masa volúmica

Rev.--	Ejecución	Redacción	Aprobación	Página 8 de 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SQM_518_2020