

Informe de Asistencia Técnica

Fecha de Informe: 01/09/2022

Solicitante

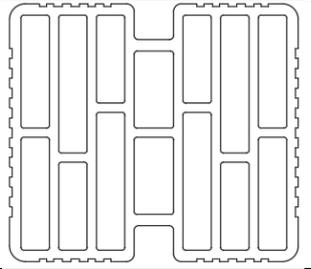
CERÁMICA FANELLI

Calle 177 entre calle 69 y calle 70 (1900), La Plata, Buenos Aires.

SISTEMAS A ANALIZAR

Mampostería de ladrillo cerámico hueco de tubos horizontales, definido por el usuario como "DM20-14 tubos" (M1). Se analizó una variante de la primera mampostería con terminación interior de revoque (15 mm) y enlucido de yeso (5 mm), y como terminación exterior de revoque (25 mm) denominado para este estudio como M2.

En la siguiente tabla se muestra el mampuesto analizado. Las dimensiones comerciales fueron dadas por el solicitante.

Tipo de huecos		Horizontales
Mampuesto		
Dimensiones	cm	20x18x25

DETERMINACIONES REQUERIDAS

Cálculo teórico de resistencia térmica

En el presente informe se analizarán las mamposterías mencionadas. Se determinará de forma teórica, mediante software, su valor de resistencia térmica y distribución de isotermas, efectuándose el análisis en geometría 2D, bajo lineamientos de la Norma UNE 136021:2019.

NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LA UO RESPONSABLE DEL INFORME

Departamento de Materiales y Sistemas Constructivos - Dirección Técnica Evaluación y Rehabilitación Edilicia - Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Edif. N°33 PTM.

METODOLOGÍA EMPLEADA

El presente informe se realizó teniendo en cuenta las consideraciones de la Norma UNE 136021:2019 para el cálculo de la resistencia térmica de mamposterías de ladrillo cerámico hueco.

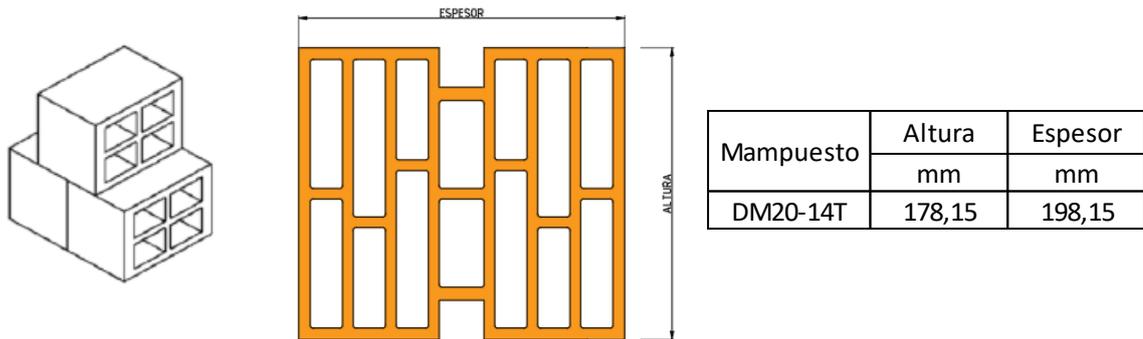
Para la determinación del flujo de calor que atraviesa la mampostería (Q), se realizó un estudio basado en la resolución de la ecuación de FOURIER de transmisión de calor, en geometría bidimensional, que se obtiene numéricamente por computadora, utilizando el software Bisco®.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

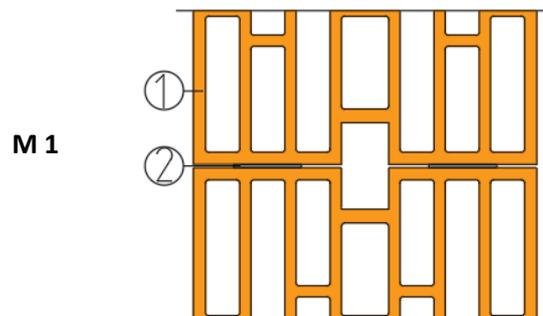
DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS MAMPOSTERÍAS

MODELOS DE CÁLCULO

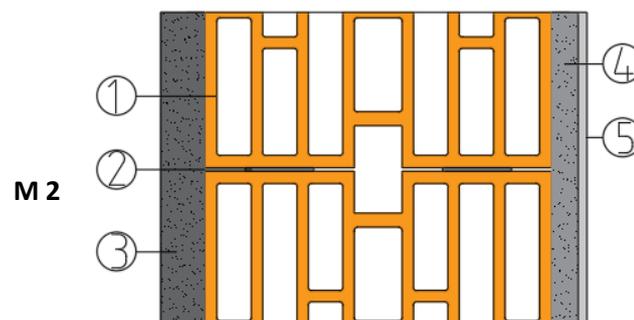
En las tablas siguientes se presentan las dimensiones de los mampuestos que forman los modelos de cálculo. Estas no son las mismas que las dimensiones de las geometrías originales de los mampuestos ya que sobre las mismas se efectuó la rectificación del estriado de los bordes según la Norma UNE 136021:2019.



A continuación, se puede observar el modelo de cálculo. Este modelo es un elemento que permite reproducir el muro con la mera repetición del mismo. Tal como indica la Norma UNE mencionada, esto se consigue dibujando el encaje de dos piezas y posteriormente efectuando un corte por dos planos verticales paralelos al flujo de calor. Se debe procurar que los planos de corte dejen a la unión entre bloques en el centro del modelo.



En la siguiente imagen se puede observar el esquema de M2, y la tabla donde se indican los valores de conductividad térmica y densidad de cada material.



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

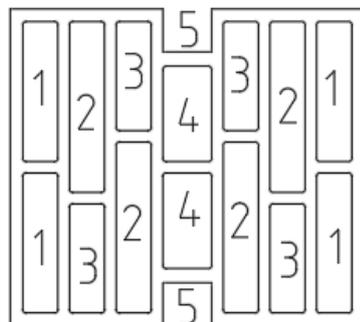
N°	Material	λ	Densidad
		W/m.K	Kg/m ³
1	Masa cerámica	0,387	1778
2	Mortero de asiento cementicio	1,13	2000
3	Revoque exterior	1,16	2000
4	Revoque interior	0,93	1900
5	Enlucido de yeso	0,40	800

El valor de conductividad térmica de la masa cerámica se obtuvo, por solicitud expresa del cliente, del informe de ensayo "SQM_518_2020", de Certimac (Ver Anexo). El valor de conductividad del mortero de asiento, el enlucido de yeso, el revoque interior y exterior se obtuvieron de la Norma IRAM 11601:2002.

Características de los huecos

La metodología para el cálculo de la conductividad térmica correspondiente a los huecos de cada mampuesto es la definida en la Norma UNE 136021:2019.

Según la misma, para aquellos huecos no rectangulares, se tomó un hueco rectangular equivalente. La longitud (b) de ese hueco equivalente es la distancia entre los dos puntos del hueco original más alejados entre sí, medido de forma perpendicular al flujo de calor. El espesor del hueco equivalente es el cociente entre el área original del hueco y su longitud.



Hueco	Área	b	d	λ_{hueco}
	mm ²	mm	mm	W/mK
1	1541,344	78,750	19,573	0,100
2	1882,743	96,150	19,581	0,101
3	1200,083	61,350	19,561	0,098
4	1463,917	53,750	27,236	0,13
5	1460,888	50,150	29,130	0,137
6	45,960	2,000	22,980	0,084

Nota: el hueco 6 corresponde al espacio resultante entre los revoques y el mortero de asiento.

CONDICIONES DE CONTORNO

Se efectuó el análisis teórico solicitado con las condiciones de temperatura indicadas por el solicitante, $T_i=20^\circ\text{C}$ (interior) y $T_e=0^\circ\text{C}$ (exterior).

Tal como se mencionó, se consideró la sección de mampostería definido por dos ejes de simetría tales que delimitan un módulo repetitivo de la misma. Los lados de estos planos de corte se consideran adiabáticos.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA ($R_{\text{MAMPOSTERÍA}}$)

La resistencia térmica de la mampostería de huecos horizontales, sin revestimiento, se calcula aplicando la fórmula siguiente, basada en la Norma UNE 136021:2019.

$$R_{MAMPOSTERÍA} = \frac{H}{\bar{H}} + R_{se} + R_{si}$$

Siendo:

H : Altura del modelo de cálculo. En este tipo de mampuestos, equivale a la suma de la altura del mampuesto (h) y la altura de la junta de mortero (h_3).

R : Resistencia térmica del modelo de cálculo sin penetración de mortero.

R_{se} , R_{si} : Resistencia superficial interna y externa.

El valor R se obtiene de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{H \cdot \Delta t}{Q_1} - R_{si} - R_{se}$$

Siendo:

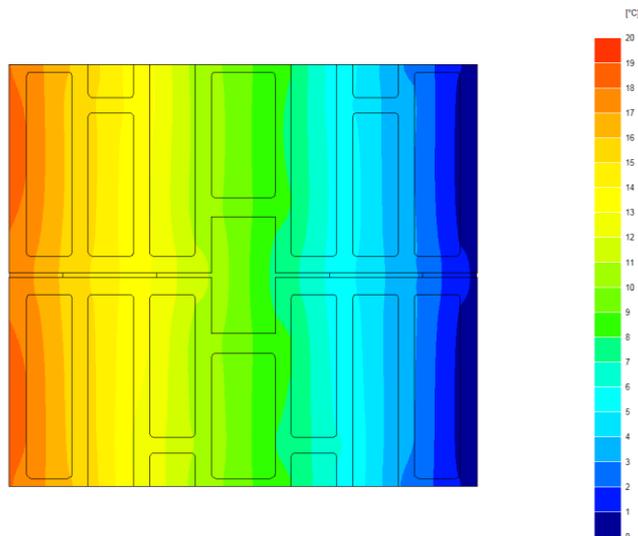
H : Altura del modelo de cálculo. En este tipo de mampuestos, equivale a la suma de la altura del mampuesto (h) y h_3 .

Δt : Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Q_1 : Flujo de calor que atraviesa el modelo de cálculo.

R_{se} , R_{si} : Resistencia superficial interna y externa.

Distribución de isotermas en el modelo de cálculo M1



Una vez calculado el valor de resistencia térmica de la mampostería sin revestir, se adiciona el valor de las resistencias térmicas de los revestimientos interior y exterior (R_{ri} y R_{re}), que se obtienen de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo:

R : La resistencia térmica a calcular, en este caso, R_{ri} o R_{re} .

e : Espesor del revestimiento.

λ : Conductividad térmica del revestimiento.

Material	e	λ	R
	mm	W/(m.K)	m ² K/W
Enlucido de yeso	5	0,40	0,013
Revoque interior	15	0,93	0,016
Revoque exterior	25	1,16	0,022

RESULTADOS OBTENIDOS

Resistencia térmica de la mampostería

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para la mampostería analizada:

Q1	R	R_T	R_t	K_{mamp}
W/m	m ² K/W			W/m ² K
2,622	1,204	1,374	1,204	0,702

Siendo:

R_T : Resistencia térmica de aire a aire de la mampostería sin revoques (M1).

R_t : Resistencia térmica de superficie a superficie de la mampostería sin revoques (M1).

K_{mamp} : Transmitancia térmica de la mampostería con los revoques mencionados (M2).

Referencias:

[1] NORMA IRAM sobre "Acondicionamiento Térmico de Edificios" N° 11601:2002.

[2] NORMA UNE sobre "Método de cálculo por elementos finitos para determinar la transmitancia térmica de muros de fábrica de piezas de arcilla cocida" N° 136021:2019.

[3] NORMA ISO sobre "Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation methods" N° 6946:2017.

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

El presente Informe está firmado digitalmente mediante Gestión Documental Electrónica (GDE) cumpliendo con los estándares internacionales de seguridad adoptados por la Infraestructura de Firma Digital de la República Argentina (IFDRA).

ANEXO
INFORME DEL ENSAYO |SQM_518_2020|



Entidad de Investigación
Comunicación Comisión Europea
2006/C 323/01

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:	Ceramica Fanelli
PLANTA:	STABILIMENTO DE LOS HORNOS. LA PLATA PROVINCIA DE BUENOS AIRES- ARGENTINA
TIPO DE PRODUCTO:	Bloques de ladrillo
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
Ing. Giulia De Aloysio, PhD <i>Giulia De Aloysio</i>	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_ <i>Giulia De Aloysio</i>	_Ing. Luca Laghi_ <i>Luca Laghi</i>
Revisión --		Página 1 de 8

CertiMaC soc.cons. a r.l.
Via Granarolo, 62
48018 - Faenza (RA)
Tel. +39 0546 678548
www.certimac.it
info@certimac.it

R.I. RA Partita IVA y CIF
02200460398 | R.E.A. RA 180280
Capital social € 84.000,00 c. d.

Socios



Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

www.inti.gov.ar

consultas@inti.gov.ar

0800 444 4004



Certimac

certificazione materiali per costruzioni



1 Introducción

El presente informe describe el ensayo de:

- Determinación de la conductividad térmica a la temperatura media de 10 °C, $\lambda_{10, med}$.

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: prof. 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:

- N° 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

Materiale | Energía | Innovación

Socios

ENEA
Agenzia nazionale per la nuova tecnologia,
Energia e lo sviluppo economico sostenibile

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

www.inti.gov.ar

consultas@inti.gov.ar

0800 444 4004

 INTIArg

 @INTIArgentina

 INTI

 @intiargentina

 canalinti

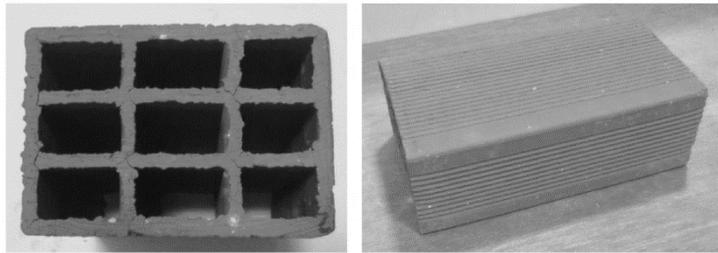


Figura 1. Reproducción fotográfica de la muestra entregada al laboratorio

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 termoflúscmetro 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 λ (W/mK):

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

Donde:

R_s = Resistencia térmica (m^2K/W)

s = espesor de la muestra (m);

λ = 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 $\lambda_{10, \text{dry}}$ 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±0.25 mm), como descrito en el párrafo siguiente.

Muestra inicial Control de la Densidad	Densidad (kg/m³)
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 Aloysis, PhD	_Ing. Giulia De Aloysis, 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.

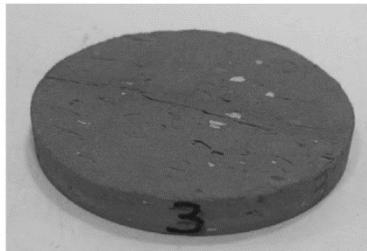


Figura 2. Reproducción fotográfica de una muestra objeto del análisis experimental

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

Muestras de bloques de pasta cocida de arcilla, Control geométrico Densidad de las muestras (kg/m³)			
Muestra Inicial	Prueba	Densidad (kg/m³)	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 $R_s \cdot \Delta T_s / \Delta T_r$, 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.

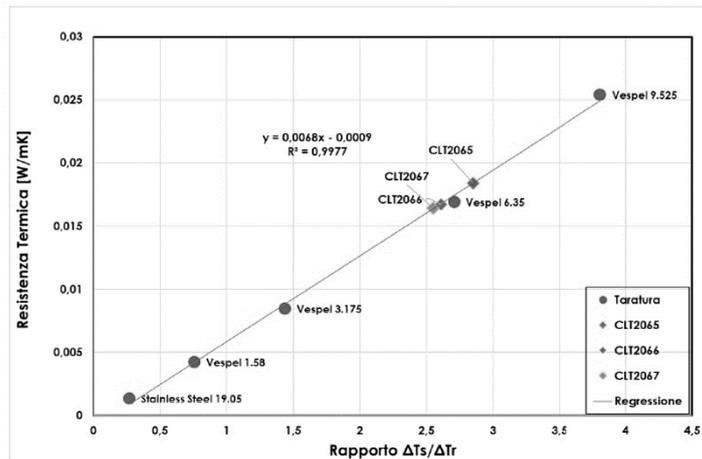


Figura 3. Representación gráfica de los resultados

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 $\lambda_{10,dir}$, 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 ² K/W)	Conductividad Térmica (W/mK)	Densidad (kg/m ³)
CLT2065	0,00672	1,84E-02	0,365±0,008	1780±9
CLT2066	0,00634	1,67E-02	0,379±0,008	1798±11
CLT2067	0,00634	1,64E-02	0,387±0,008	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.

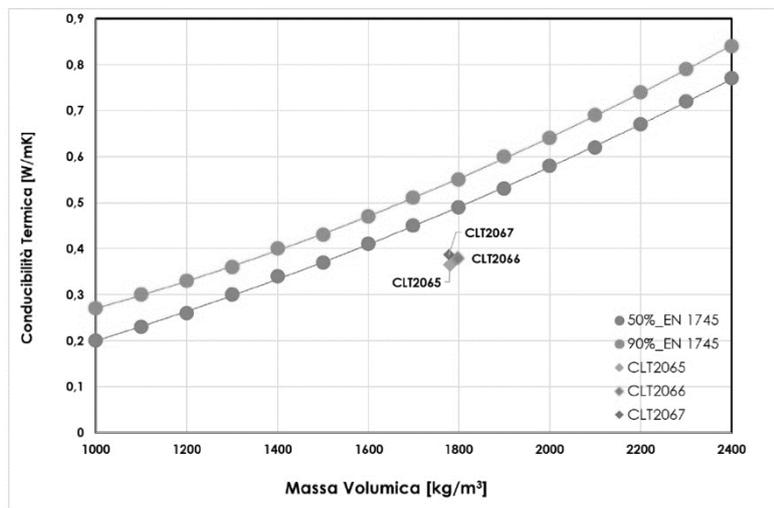


Figura 4. Representación gráfica de los resultados: relación $\lambda_{10, mat}$ masa volúmica

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

CLÁUSULAS APLICABLES A ESTE INFORME:

1. Los solicitantes podrán difundir los contenidos de este informe en la medida que su reproducción sea completa y exacta, citando al INTI como ejecutor de la tarea. El INTI no será responsable por el uso incompleto o inexacto de la información incluida en este documento.
2. Los resultados incluidos en este informe se refieren exclusivamente a los obtenidos en relación con el/los elemento/s ensayado/s y/o los servicios de asistencia tecnológica que hayan sido expresamente acordados con el solicitante.
3. El INTI no asume responsabilidad alguna respecto de la eventual extensión de los resultados informados a otro/s producto/s o elemento/s, diferente/s al/los ensayado/s (excepto que el muestreo previo haya sido realizado por el propio INTI) o a servicios que difieran de los expresamente acordados.
4. El INTI mantiene la confidencialidad respecto de la información generada durante el desarrollo de los ensayos, análisis, estudios o de todo otro servicio de asistencia, reservándose el derecho de utilizar los resultados obtenidos a partir de los mismos sólo con fines estadísticos, para su uso interno o para la divulgación genérica de sus actividades, adoptando en dichos casos las medidas de resguardo necesarias para preservar la propiedad de esa información y evitar la identificación de su origen.
5. Cuando la información a la que se refiere el punto anterior le sea requerida legalmente por una autoridad competente y/o por una autoridad judicial, el INTI informará de tal situación al propietario de la misma antes de ponerla a disposición del requirente.
6. En caso de violación de la cualquiera de las presentes cláusulas, el INTI adoptará las medidas legales correspondientes e iniciará las acciones administrativas y/o judiciales que se encuentren a su alcance.

Fin del Informe

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

www.inti.gob.ar

consultas@inti.gob.ar

0800 444 4004

 INTIArg

 @INTIargentina

 INTI

 @intiargentina

 canalinti



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
Las Malvinas son argentinas

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico firma conjunta

Número:

Referencia: OT 224-2411 Ceramica Fanelli

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 14 pagina/s.