

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE SAN LUIS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MURO TROMBE

J.FOLLARI, J.DI GENNARO

LABORATORIO DE ENERGIA SOLAR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
Chacabuco y Pedernera - 5700 SAN LUIS
Tel.(0652)23789/24689/26780 int.103 - FAX(0652)30224
E-MAIL solar@unsl.edu.ar

RESUMEN

Con la finalidad de utilizar materiales de San Luis para la construcción de muros acumuladores de calor, (muros Trombe). Se estudian las propiedades térmicas de 4 tipos de granito y un tipo de piedra laja (negra), utilizados para la construcción de paredes o revestimientos.

Se los compara con hormigón común, con hormigón de granito y con muros de agua, para tener una referencia conocida. Se analizan sus ventajas y desventajas técnicas, sus costos y posibilidades de uso.

INTRODUCCIÓN

Un muro acumulador de calor, es en realidad, un colector acumulador. Juegan en él, entonces, la capacidad de captación de la energía solar, como las propiedades de acumulación y condiciones de transferencia al interior y pérdidas al exterior. Es por ello de interés, intentar mejorar los muros en todos sus aspectos y esta es la tarea encarada.

En este trabajo se analizan materiales de construcción de los muros, comparados con los tradicionales y es este el único aspecto de esta temática que analizamos.

El método elegido es el de determinar en laboratorio, con precisión aceptable, la conductividad K, la densidad y el calor específico c de los materiales de interés. Esto nos permite deducir cuál será su comportamiento térmico como muro acumulador antes de construirlo.

Combinando los parámetros medidos, se obtienen otros parámetros, que nos dan otras propiedades del comportamiento térmico que nos interesa.

MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD

Para medir este parámetro se usó el método de transferencia de calor estacionaria a través de una probeta muestra, entre las caras paralelas de la misma. Usamos un equipo utilizado en docencia, que pasamos a describir.

En la figura 1, damos un esquema del dispositivo usado, que tiene la forma general de un cilindro, (vemos un corte diametral), constituido por cuatro elementos circulares, donde las zonas de trazos corresponden al poliuretano rígido que usamos como aislación. Los cuatro elementos son:

- Probeta del material en estudio y su aislante periférico.
- Aluminio y su aislante, a través del cual, la probeta recibe el calor de una fuente (calentador eléctrico ubicado debajo).
- Cámara de agua, de paredes de aluminio y su aislante periférico, con entrada y salida de agua que permite medir el calor.
- Aislante superior de la cámara de agua para evitar flujos de calor.

Las superficies planas en contacto, de estos elementos, están pulidas y se cubren de grasa siliconada, para uniformar la temperatura sobre dichas superficies y minimizar el salto de temperatura entre ambas superficies en contacto.

Con un recipiente de nivel constante y una válvula, se mantiene un caudal uniforme de agua a la temperatura del tanque proveedor.

El tamaño de las probetas es de 9,55cm de diámetro, por un espesor de entre 1 y 1,5cm según la probeta.

El calor que atravesó la probeta y se midió en la cámara de agua, tiene pérdidas a través de 3 cm de poliuretano que no superan el 2%. Los errores de esta medición están entre 7 y 12% y los consideramos aceptables para este tipo de determinación.

El experimento debió ajustarse sucesivamente hasta lograr uniformidad de temperatura en las paredes de la probeta, (dentro del error del termómetro), continuidad en la aislación exterior que impida fugas de calor por fuera de la probeta y un estado estacionario estable en tiempos del orden de horas.

Utilizamos esta metodología para medir la conductividad, por brindarnos más confiabilidad que otras alternativas y con la ventaja accesoria de poder usar

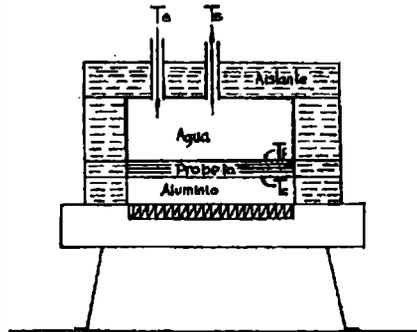
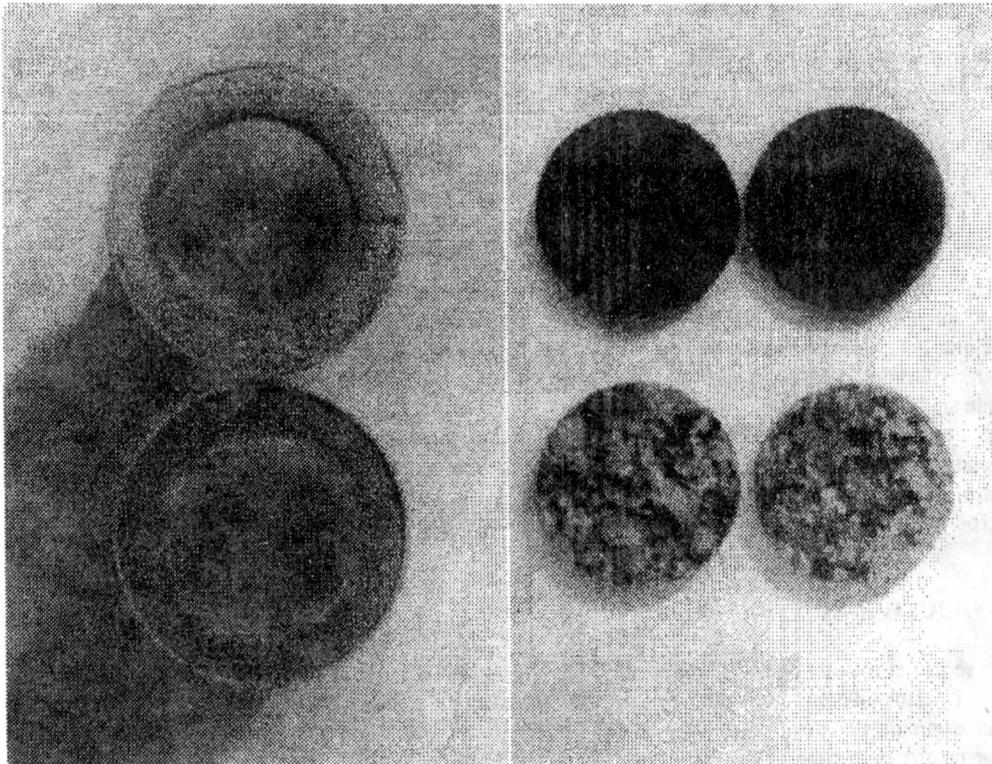


Fig.1 : Esquema del equipo para medir la conductividad.

probetas chicas, fáciles de cortar y pulir sus caras a fin de obtener un buen contacto térmico con la placa calefactora y con la placa enfriadora. Se observa en la fotografía 2 algunas muestras de granito y piedra laja. En la fotografía 1 se aprecian la superficie calefactora y la superficie enfriadora, ambas de aluminio.



Fotografía 1

Fotografía 2

Fotografía 1: Se observa la superficie pulida de las caras calefactoras y enfriadoras del equipo y su aislación exterior.

Fotografía 2: Muestras de granito de izquierda a derecha y arriba, rojo Dragón y piedra laja negra; abajo, granito gris Perla y a la derecha Rosa de Salto .

Se midieron también, una probeta de hormigón común y otra de hormigón con un 77% de granito gris perla molido y un 23% de arena común. Ambas probetas se midieron a un tiempo entre una y dos semanas de hechas. la primera tenía una relación de cemento a áridos de 1 a 3 y la segunda de 1 a 3,5.

Completaba el conjunto de probetas, una de granito San Felipe, de escasa difusión en el mercado.

Los resultados se muestran en la tabla de valores.

MEDICIÓN DE LA DENSIDAD

Se midió por la metodología usual y los valores se aprecian en la tabla correspondiente.

MEDICIÓN DEL CALOR ESPECIFICO

Se realizó usando el método de calentamiento con resistencia de la muestra dentro de un termo. Previamente se determinó el equivalente en agua del calorímetro y las pérdidas en función de la diferencia de temperatura entre el interior del termo y el exterior. Los errores fueron estimados entre el 6 y el 11% y los resultados están en la tabla de valores.

RESULTADOS

Tabla 1

Valores de las Mediciones realizadas y de los parámetros que se obtienen combinando dichos valores.

MAGNITUD	AGUA	GRANITO ROJO DRAGON	GRANITO GRIS PERLA	GRANITO ROSA DEL SALTO	GRANITO SAN FELIPE	PIEDRA LAJA NEGRA	HORMIGÓN DE GRANITO	HORMIGÓN COMÚN
K (W/m°C)	0,56	2,25	1,48	1,92	1,11	1,37	0,89	0,67
C (j/kg°C)	4186	686	750	778	667	756	737	744
δ (kg/m ³)	1000	2685	2644	2644	2686	2715	2100	2300
C δ (j/m ³ °C)	4186x10 ³	1841,9x 10 ³	1983x 10 ³	2057x 10 ³	1791,6x 10 ³	2059,5x 10 ³	1547,7x 10 ³	1711,2x 10 ³
c. δ . k	2344x 10 ³	4144,3x 10 ³	2934,8x 10 ³	3949,4x 10 ³	1988,7x 10 ³	2811,9x 10 ³	1377,4x 10 ³	1146,5x 10 ³
α (m ² /seg)	0,133x 10 ⁻⁶	1,22x 10 ⁻⁶	0,746x 10 ⁻⁶	0,933x 10 ⁻⁶	0,619x 10 ⁻⁶	0,665x 10 ⁻⁶	0,575x 10 ⁻⁶	0,391x 10 ⁻⁶
c. δ . v	3412,2	1790,4	1927,5	2000	1741,4	2002	1504,4	1663,2

En esta tabla es:

- k: Conductividad
- c: Calor específico
- δ : Densidad
- c δ : Capacidad calorífica por unidad de volumen
- c δ K: Capacidad de acumulación y recuperación
- α =K/ δ c: Difusividad
- c. δ . V: Capacidad calorífica de un volumen Vp determinado
 V_p = volumen de la pared de 0,3 x 1,8 x 1,8m³ = 0,972m³
 V_p agua es 0,815 en recipientes cilíndricos \varnothing =0,3m y h=1,8m.
- Hormigón de granito: Hormigón de granito gris perla.
77% granito; 23% arena fina
Cemento a áridos: 1 a 3,5
- Hormigón común: Hormigón común
Relación cemento a áridos: 1 a 3.

La Tabla 1 nos muestra lo siguiente:

-Para una pared de volumen concreto, teniendo en cuenta la circulación de aire, la capacidad de acumulación de calor del agua es la mayor, estando el resto, entre el 40 y el 60% de ella. Entre las paredes sólidas, tanto el granito como la piedra laja tienen valores comparables al hormigón común.

-Respecto al producto c. δ . k que nos informa sobre la capacidad de acumulación y recuperación, se aprecia que hay granitos de mayores que el valor del hormigón común, lo que los hace atractivos para el uso de interés.

El valor de este parámetro del agua, en realidad solo tiene sentido si a este se le hace algún agregado que impida la convección.

-La difusividad α es mayor en los granitos que en el hormigón común.

-Los parámetros del hormigón de granito gris perla se parecen a los de hormigón común.

Comparando estos resultados con los de otros autores, se observa que:

-Los valores de la conductividad del hormigón común son comparables, un 35% menores que el promedio de otros autores. Como este parámetro varía según densidad, tiempo de fraguado, proporción de la mezcla, tipo de arena, etc., no puede concluirse más, ya que estos detalles no se especifican, ni tampoco, el método usado ni el error de la determinación.

-Respecto de la conductividad de granito, también se ve que varía en función del tipo de granito, aunque el orden de magnitud es el mismo.

-Los mismos comentarios son válidos para el calor específico.

COSTOS

- a) Pared de agua con tanques de 0,3m de diámetro y 1,8m de largo. Se requieren 6 para el tamaño de muro elegido. El costo de los 6 tanques es de \$480.-, construidos en acero inoxidable. El muro terminado, (soportes y panel hacia el interior de la casa), costaría aproximadamente \$650.-.
- b) El muro de hormigón común, en las mismas dimensiones costaría aproximadamente \$120.- y el hormigón con ripio de granito, \$140.-
- c) El muro de piedra cortada de granito, costaría entre \$180.- y \$260.- (depende del picapedrero que lo realice).
- d) El muro de chimeneas internas, en caso de hacerlo de hormigón, costaría entre \$150.- y \$180.- (El diámetro de las chimeneas es de 10 cm.)
- e) El costo de la cubierta de policarbonato y su marco, común a todos, cuesta aproximadamente \$160.-

CONCLUSIONES

Hay varias alternativas constructivas de muros: Ver Fig.2.

- a) Muros de hormigón macizo.
- b) Muros de hormigón con chimeneas para extraer el calor.
- c) Muros de hormigón con chimeneas y tubos plásticos con agua.
- d) Muros de agua.

Esquemas de los muros a,b,c y d vistos desde arriba.

En a y d, circula aire entre el muro y la cubierta.

En b y c, circula aire por las chimeneas.

En c, hay cilindros de agua, (círculos mayores), verticales y están incorporados al hormigón.

Se ve además que los costos relativos, son favorables a las tres primeras alternativas constructivas (a,b,c) y que son parecidas entre ellas.

Si calculamos la capacidad calorífica del muro de volumen definido para el caso c de hormigón con tubos de agua incorporados, nos da $c=2.339,7 \times 10^3 \text{ j/}^\circ\text{c}$.

Esto nos permite concluir que las cuatro alternativas son válidas. Esto nos permite elegir teniendo en cuenta otros factores además de las propiedades físicas.

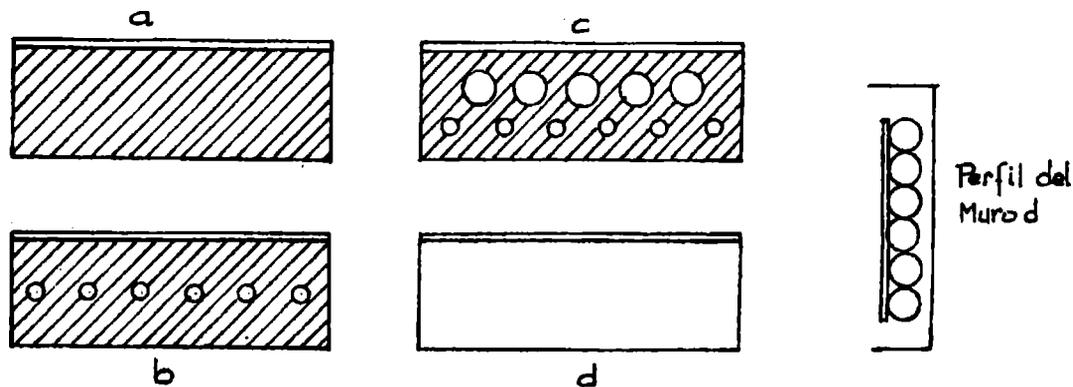


Fig.2 : Alternativas constructivas de muros acumuladores.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Discoli Carlos, Guerrero J.L., Rosenfeld Elías, Ravella Olga.
Muro colector acumulador en agua. Su comportamiento en la zona templada húmeda. Actas ASADES X - Neuquén 1985.
- 2.-Alaniz E., Saravia L.
Construcción de un dispositivo para ensayos de muros colector-acumulador. Resultados preliminares. Actas de ASADES V - Córdoba 1979.
- 3.-Vilapriño R., Estevez A.
Tabla de valores termofísicos de materiales. Laboratorio de ambiente humano y vivienda. CRYCYT - Mendoza.
- 4.-Bados J.M., Rosignoli P.
Trasmisión del calor. Editorial Troquel.