

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE
INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010.

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI,
TAMU, ICA, e invitados.



20

**CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE
MORTEROS UTILIZADOS EN
ACABADOS DE VIVIENDAS EN LA
CIUDAD DE CHETUMAL QUINTANA
ROO**

M.C. Alberto Yeladaqui Tello

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE MORTEROS UTILIZADOS EN ACABADOS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE CHETUMAL QUINTANA ROO.

M.C. Alberto Yeladaqui Tello

Instituto Tecnológico de Chetumal, Quintana Roo, México.
Correo: yeladaqui@hotmail.com

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE MORTEROS UTILIZADOS EN ACABADOS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE CHETUMAL QUINTANA ROO.

RESUMEN

En las edificaciones o viviendas, sitios en los cuales la permanencia es alta, se requiere confort de distintos tipos: familiar, social y físico entre otros. El confort físico depende de espacios apropiados, buena iluminación, poco ruido y un ambiente térmico agradable. En la Península de Yucatán el clima predominante es cálido subhúmedo con algunas regiones secas y semisecas en la parte norte, y las temperaturas oscilan entre 16°C y **36°C lo que hace patente el interés por desarrollar tecnologías que mejoren el confort físico de las viviendas.**

A través de este trabajo, se exploran las propiedades térmicas primarias (conductividad térmica, calor específico y densidad), así como las propiedades térmicas secundarias (difusividad térmica y efusividad térmica), de cuatro tipos de morteros (1:3, 1:5, 1:1:3 y 1:1:5) utilizados en la región como acabados en muros y techumbres para comparar y determinar cuál es el más adecuado para mejorar el confort térmico dentro de las viviendas. Se realizaron tres tipos de ensayos en estos morteros de uso común en la edificación local: el primero se llevo a cabo utilizando un conductímetro de placa caliente guardada, por medio de esta prueba se obtuvieron los datos de la conductividad, el segundo utilizando un calorímetro se conocieron los valores del calor específico y por último, con la ayuda de un horno industrial se determino la densidad de cada mortero. Con los resultados de estas propiedades térmicas primarias se calcularon de forma analítica los valores de las propiedades térmicas secundarias. Los resultados de estas propiedades térmicas de los cuatro morteros comúnmente utilizados en la región contribuyeron a definir cuál es el más conveniente para tener menores temperaturas interiores en las viviendas, con el consecuente ahorro energético en sistemas de acondicionamiento artificial de la temperatura interna, y el consecuente beneficio ambiental.

Palabras clave: Confort, Mortero, Temperatura

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

INTRODUCCIÓN

En las edificaciones o viviendas, sitios en los cuales los usuarios permanecen un tiempo considerable se requiere de un nivel de confort mínimo. Confort de distintos tipos: familiar, social y físico, entre otros. El confort físico depende de contar con espacios apropiados, buena iluminación, poco ruido y un ambiente térmico agradable, este último depende primordialmente de los materiales y sistemas constructivos empleados.

En el sureste de México los constructores utilizan materiales como piedra caliza, grava, polvo de piedra, sascab, cal entre otros, sin embargo, no se conocen los efectos térmicos que estos ocasionan dentro de los edificios o viviendas cuando se utilizan en diferentes combinaciones, y proporciones. Estas características térmicas de los materiales inciden en el confort térmico y en el consumo energético, y por ende contribuyen a la contaminación del medio ambiente.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar las características térmicas primarias y secundarias de cuatro morteros utilizados comúnmente en la región: cemento-polvo de piedra caliza en proporciones de 1:3 y 1:5; y adicionándole cal se estudiaron también los morteros cemento-cal-polvo de piedra caliza en proporciones de 1:1:3 y 1:1:5.

En la primera parte del trabajo se realizaron las pruebas de laboratorio dando como resultado los valores de las características térmicas primarias: conductividad térmica, calor específico, densidad y secundarias: difusividad, efusividad.

De estos cuatro morteros se identificaron aquellos que permiten el paso del calor de forma más lenta, en una segunda parte se llevó a cabo el análisis de estos resultados, así como el efecto que la cal produce en estos morteros, y en la última parte se calculó el tiempo de retardo térmico y el factor de amortiguamiento térmico en algunos de los cuatro morteros aplicados en 2 sistemas constructivos de muros y techumbres.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para caracterizar las propiedades térmicas de los cuatro morteros fue la siguiente:

1. Caracterización Térmica de los Morteros Conductividad Térmica (k)

Para el estudio de la conductividad térmica, se utilizó un equipo de placa guardada caliente (figura 1); se fabricaron especímenes de mortero de 15.2 x 12.7 cm. ± 2 de sección y de 2.5 cm. ± 2 de espesor (figura 2), estos se fabricaron de forma manual en las siguientes proporciones: cemento-polvo de piedra 1:3 y 1:5; cemento-cal-polvo de piedra 1:1:3 y 1:1:5.

El cálculo de la conductividad térmica se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 518 98 mediante la ecuación de Fourier modificada.

$$K=Q (L_1 + L_2) / 2 A (\Delta T_1 + \Delta T_2)$$



Figura 1. Conductímetro de Placa Caliente Guardada.

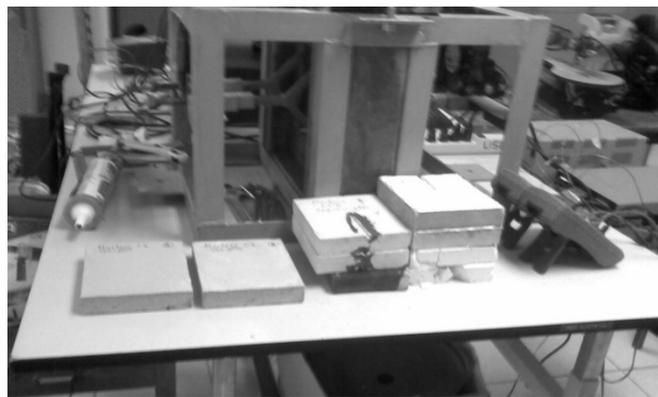


Figura 2. Especímenes de 2.5 x 12.7 x 15.2 cm. de mortero.

Calor Específico (Cp)

Para determinar el valor del calor específico se utilizó un calorímetro (figura 3) de acuerdo al procedimiento establecido en la norma ASTM 351 92.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Se obtiene la masa del espécimen, se depositan 2.5 litros de agua en el calorímetro y se toma la temperatura inicial de ésta. Por otra parte en agua hirviendo (100°C) se introduce el espécimen por un tiempo de 10 minutos y posteriormente se introduce en el calorímetro, una vez realizado el equilibrio térmico se toma la temperatura final y a continuación se obtiene de nuevo la masa del espécimen.

El cálculo se realizó con la siguiente Ecuación:

$$C_p = m_a C_a (T_{fa} - T_{ia}) / m_m (T_{im} - T_{fm})$$



Figura 3. Calorímetro.

Densidad (ρ)

La densidad se obtuvo de la siguiente manera: se tomaron las medidas del volumen de los especímenes, se obtuvieron la masa y se colocaba en el horno industrial a 105°C durante 24 horas (figura 4), pasada las 24 horas se tomaba de nuevo la masa del espécimen, este procedimiento era repetitivo durante varios días hasta que el dato de la masa se repetía en tres ocasiones seguidas. El cálculo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 118 99, por medio de la ecuación:

$$\rho = m/v$$



Figura 4. Colocación de muestras en el horno para cálculo de densidad.

Difusividad Térmica (δ)

Esta propiedad térmica secundaria se obtiene con los resultados de las tres propiedades primarias y de acuerdo a la fórmula señalada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC (Neville, 2001).

$$\delta = k / C_p \rho$$

Efusividad Térmica (e)

Esta propiedad térmica secundaria también se obtiene con los resultados de las tres propiedades primarias y de acuerdo a una fórmula señalada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC (Neville, 2001).

$$e = \sqrt{k \rho C_p}$$

2-Temperaturas superficiales de sistemas constructivos Muros y Techumbres

Se realizaron mediciones de temperaturas en distintos sistemas constructivos, estos son: 1) muro de piedra con acabado aparente de piedra al exterior y con aplanado interior a base de mortero 1:3, (figura 5); 2) muro de bloque de concreto de 15 cm. de espesor aplanado con mortero 1:1:5 en ambas caras; 3) techumbre con 0° grados de inclinación a base de vigueta y bovedilla, capa de compresión de 0.05 m de espesor, fabricada con concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ armado con malla electro soldada 12-12 10/10 e impermeabilizada con calcreto, aplanado interior con mortero CCP 1:1:5; 4) losa de concreto armado de 0.10 m de espesor, impermeabilizada con calcreto y aplanado interior con mortero 1:1:5.



Figura 5. Muro de piedra.

El procedimiento se llevó a cabo en cuatro diferentes lugares y orientaciones de la Ciudad, los espacios a medir permanecieron completamente cerrados por 24 horas consecutivas. Las mediciones se realizaron con una cámara foto térmica marca Fluke, modelo TiR (figura 6), que tomó las temperaturas superficiales externas e internas de los sistemas durante un período de 24 horas.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados



Figura 6. Cámara Fototérmica Marca Fluke Modelo TiR.

Se realizaron mediciones de temperatura y humedad, con la ayuda de un higrómetro digital Mca. TENMA Mod. 72-6786-4, para conocer la correlación entre la temperatura ambiente y la temperatura superficial del sistema (figura 7).



Figura 7. Higrómetro Mca. TENMA Mod. 72-6786-4.

El cálculo del factor de amortiguamiento y retardo térmico se calculan con las ecuaciones siguientes respectivamente.

$$\mu = a/b$$

$$r = b - a$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE MORTEROS

Propiedades térmicas primarias

Conductividad térmica (k)

En la tabla 1, se presentan los datos obtenidos en laboratorio de los cuatro morteros

Tabla 1-Datos de conductividad térmica de los morteros en estudio

Mortero	Conductividad térmica (w/m°C)
Mortero 1:1:3	0.604
Mortero 1:3	0.935
Mortero 1:1:5	0.809
Mortero 1:5	0.988

Dentro del grupo de los recubrimientos mostrado en la Tabla 1, la conductividad de los morteros en estudio se identifica de la siguiente manera: la conductividad más baja es el del mortero 1:1:3 seguido del 1:1:5, el 1:3 y por último se encuentra el mortero 1:5. Después del mortero cemento-arena, los morteros de menor conductividad son aquellos que tienen cal así como los de menor cantidad de polvo de piedra caliza.

Calor Específico (Cp)

En la tabla 2 se presentan los datos obtenidos en laboratorio de calor específico de cada uno de los morteros.

Tabla 2- Datos del Calor Específico de los morteros.

Mortero	Calor específico (kJ/kg °c)
Mortero 1:1:3	2.447
Mortero 1:3	1.42
Mortero 1:1:5	1.906
Mortero 1:5	1.611

Se observa en la tabla 2 que el C_p en los morteros es mayor cuando en éstos hay presencia de cal, como es el caso de los que tienen proporciones 1:1:3 y 1:1:5, cuyos valores tienden a estar por encima de los que sólo se componen de cemento y polvo de piedra. Lo anterior manifiesta que estos dos morteros pueden almacenar más calor antes de subir un grado su temperatura.

Densidad (ρ)

El cálculo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 118 99 y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Tabla 3. Datos de Densidad de los morteros en estudio.

Mortero	Densidad (Kg/m ³)
Mortero 1:1:3	1,512
Mortero 1:3	1,120
Mortero 1:1:5	1,979
Mortero 1:5	1,864

La densidad volumétrica (kg/m³) se relaciona con la agrupación de los átomos en el sólido. Este grupo se repite muchas veces en el espacio dentro de un grano o cristal del sólido (celda unitaria), (Flinn,1979).

Al comparar los morteros de estudio se aprecia que la densidad más baja es el de 1:3 seguido del 1:1:3, el mortero 1:5 y el mortero 1:1:5 son los de mayor densidad. La diferencia entre las densidades de los morteros 1:1:3 y 1:1:5 es de un 30% más arriba la densidad del 1:1:5.

Propiedades Térmicas Secundarias**Difusividad térmica (δ)**

El cálculo de la difusividad térmica está basado en la formula señalada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC (Neville, 2001). Los resultados de los morteros se presentan en la tabla 4.

Tabla 4 Difusividad térmica de los morteros.

Mortero	Difusividad (m ² /s)
Mortero 1:1:3	1.63249E-07
Mortero 1:3	5.87902E-07
Mortero 1:1:5	2.14689E-07
Mortero 1:5	3.29248E-07

La difusividad térmica es la propiedad física que mide la razón de flujo de calor a través de un medio, la importancia de esta cantidad física se debe a que es única para cada material. La difusividad térmica es una cantidad extremadamente sensible a la composición y estructura de los materiales. Este es particularmente el caso de las propiedades termo físicas en los materiales porosos, los cuales dependen fuertemente además de la clase de componentes constituyentes, del tipo de estructura que presentan y de su grado de porosidad (Peña-Rodríguez, 2002).

De los cuatro morteros, el que más rápidamente conduce el calor es el 1:3, por otra parte, se observa que la velocidad en el mortero cemento-arena es más alta que en el mortero 1:1:3 y 1:1:5.

Efusividad térmica (e)

El cálculo de la efusividad térmica está basado en la formula señalada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC (Neville, 2001). Los resultados de los morteros se presentan en la tabla 5.

Tabla 5 Efusividad de los morteros.

Mortero	Efusividad ($J/m^2\sqrt{k\cdot s}$)
Mortero 1:1:3	1.49E+03
Mortero 1:3	1.22E+03
Mortero 1:1:5	1.75E+03
Mortero 1:5	1.72E+03

La efusividad térmica es una propiedad de intercambio de calor entre las inter-caras de los materiales; representa la impedancia térmica ante el intercambio de calor; es la cantidad relevante para determinar la rapidez de calentamiento o de enfriamiento de la superficie de la muestra (León, 1998).

La efusividad está determinada por el producto de la Conductividad térmica y el Calor específico volumétrico $(k\rho C_p)^{1/2}$ y representa la capacidad de una material para almacenar y restituir un flujo de calor (González, 2001).

Entre los morteros estudiados la transferencia del calor entre las inter-caras fue más baja en el mortero 1:3, lo que significa que el retraso de la onda del flujo de calor que atraviesa el muro hacia la parte interna de la vivienda es más alto en el mortero 1:1:5 seguido del 1:5, del 1:1:3 y por último del 1:3.

Correlación entre conductividad térmica y calor específico

Al correlacionar la conductividad y el calor específico de los cuatro morteros se determina que los morteros 1:3 y 1:5 tienen un comportamiento similar, pero si se le adiciona cal a esos morteros el que tiene la proporción 1:1:3 reduce considerablemente su conductividad la cual es muy cercana a la del mortero cemento-arena en un 85% y aumenta en gran proporción su calor específico siendo éste el más alto, aunque también el mortero 1:1:5 tiende a comportarse de la misma manera la diferencia no es tan considerable como en el mortero 1:1:3, posiblemente es porque tiene más polvo de piedra caliza. Se deduce que los cuatro morteros presentan el mismo comportamiento; a menor conductividad mayor calor específico.

Correlación entre conductividad térmica y densidad

Se observó que la correlación entre los cuatro morteros analizados es que a mayor densidad mayor conductividad. En términos generales la correlación entre la conductividad y densidad es similar entre los 4 morteros de estudio.

Correlación entre calor específico y densidad

Se encontró que no existe correlación entre el calor específico y la densidad en los morteros 1:1:3 y 1:1:5, porque a mayor densidad presentan menor calor específico, caso contrario en los morteros 1:3 y 1:5, que a mayor densidad presentan mayor calor específico.

Nuevamente se observa que al adicionarle cal a los morteros 1:3 y 1:5 el calor específico aumentó, lo cual es favorable ya que aumentó la capacidad de absorber calor y de esa manera incrementar con lentitud su temperatura.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

2. RESULTADOS DE RETARDO TÉRMICO Y FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.**Muro de piedra caliza con terminado aparente.**

Las mediciones se realizaron en las caras exteriores e interiores de las fachadas orientadas al noroeste y al sureste; se muestran los datos de la primera aunque el comportamiento de la segunda fue semejante. La figura 8 muestra el comportamiento sinusoidal de las temperaturas exteriores e interiores, la flecha marca el retardo térmico (r). La T. Ext. Máxima alcanza los 33.44 °C a las 14:00 hrs. y, la T. int. Máxima alcanza los 30.67 °C a las 22:00 hrs., el retardo térmico (r) es de 8 horas; el valor de a que es la diferencia entre la T. Ext. Máxima y la T. media y el valor de b que es la diferencia entre la T. int. Máxima y la T. media aparecen en la Tabla 6, la relación de b/a define el valor del factor de amortiguamiento (μ).

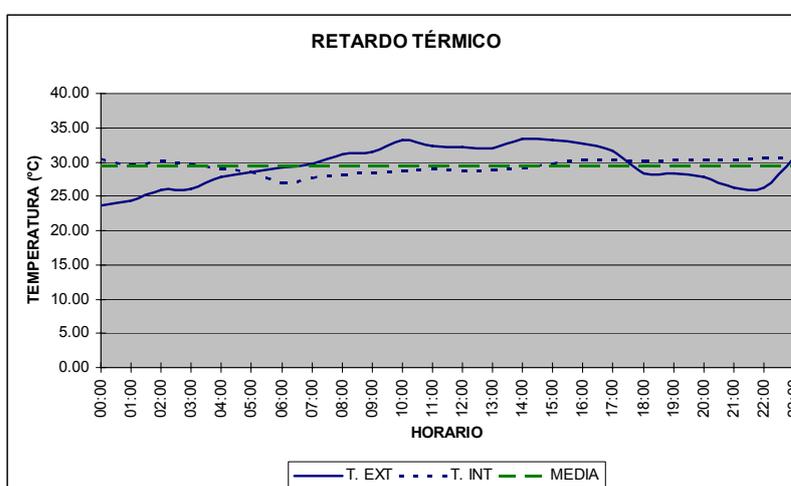


Figura 8. Comportamiento sinusoidal del sistema constructivo de muros de piedra aparente.

Tabla 6. Amortiguamiento térmico del sistema constructivo de piedra aparente.

T máx. Ext.	T máx. Int.	T media	a	b	μ
33.44	30.67	29.5	3.94	1.17	0.296

Las figuras 9 y 10 muestran la termografía y el histograma de las temperaturas del sistema de muro de piedra caliza con terminado aparente.

Figura 9-Imagen Infrarroja del muro de piedra.

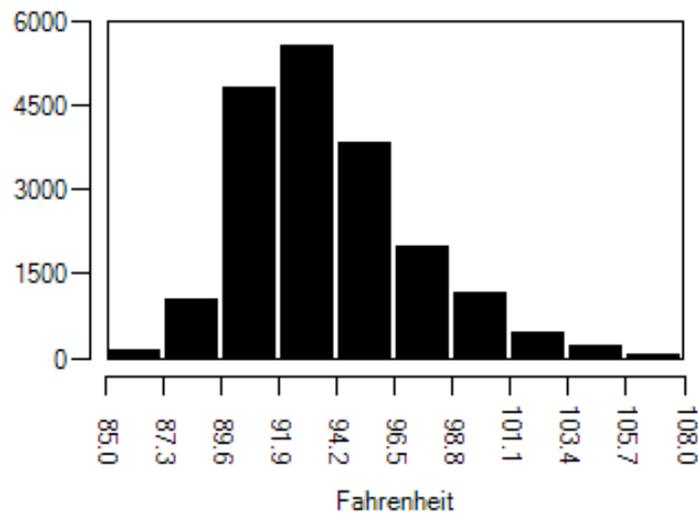
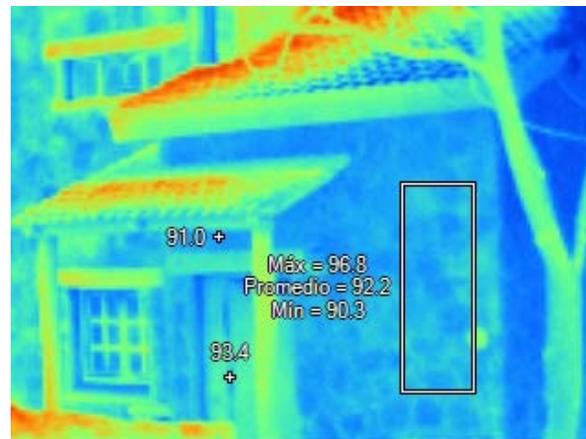


Figura 10. Histograma de las temperaturas del sistema de muros de piedra aparente.

Muro de bloque de concreto de 0. 15 m de espesor aplanado con mortero CCP 1:1:5 en ambas caras.

Las mediciones se realizaron en las caras exteriores e interiores del muro orientado al oeste. La figura 11 muestra el comportamiento sinusoidal de las temperaturas exteriores ($T. Ext.$) e interiores ($T. int.$), la flecha marca el retardo térmico (r). La $T. Ext.$ Máxima alcanza los $35.10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a las 16:00 hrs. y, la $T. int.$ Máxima alcanza los $32.40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a las 18:00 hrs., el retardo térmico (r) es de 2 horas; el valor de a que es la diferencia entre la $T. Ext.$ Máxima y la $T. media$ y el valor de b que es la diferencia entre la $T. int.$ Máxima y la $T. media$ aparecen en la Tabla 7, la relación de b/a define el valor del factor de amortiguamiento (μ).

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

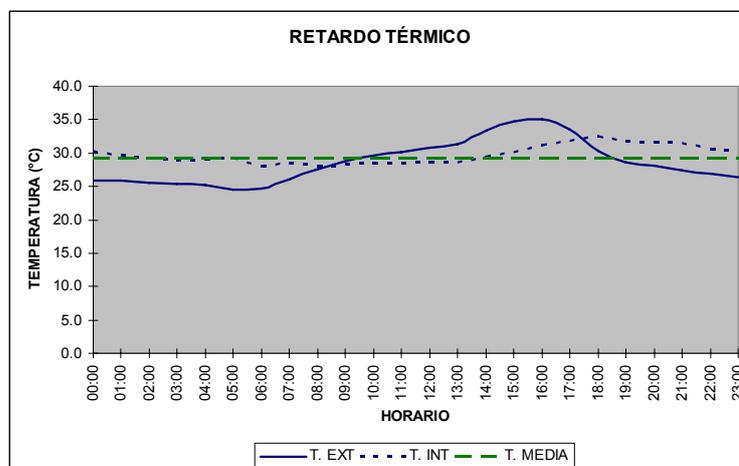


Figura 11 Comportamiento sinusoidal del sistema constructivo de muros a base de bloque de concreto.

Tabla 7. Amortiguamiento térmico del sistema constructivo de bloque de concreto.

T máx. ext	T máx. int	T media	a	b	μ
35.10	32.40	29.30	5.8	3.1	0.53

Techumbre con 0° de inclinación a base de vigueta y bovedilla.

Este sistema de construcción está soportado por muros de bloque de concreto de 0.15 m. de espesor; las condiciones utilizadas para las mediciones son las mismas que en los sistemas anteriores. el comportamiento sinusoidal de las (T. Ext.) y (T. Int.) define que la T. ext. máx. alcanza los 54.8°C a las 14:00 hrs., mientras que la T int. max. Alcanza los 34.1°C a las 19:00 hrs.; el retardo térmico es de 5 horas, como se muestra en la figura 12; el amortiguamiento se muestra en la Tabla 8.

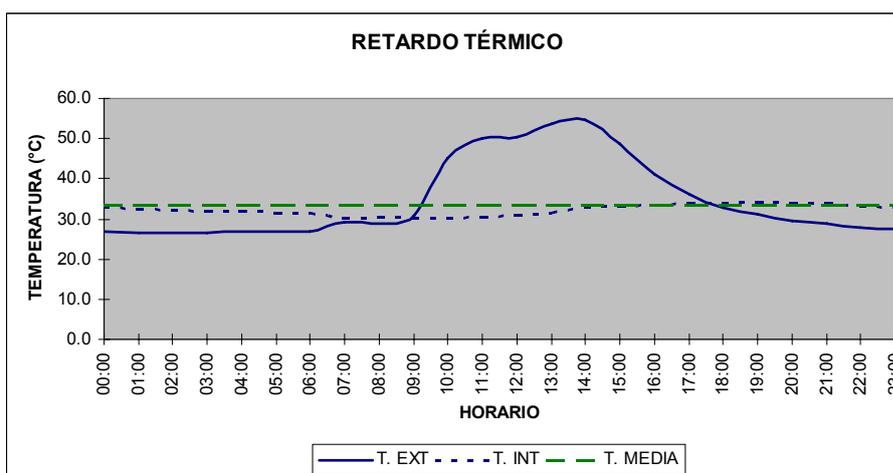


Figura 12. Comportamiento sinusoidal de la techumbre con 0° de inclinación a base de vigueta y bovedilla.

Tabla 8. Amortiguamiento térmico de la techumbre con 0° de inclinación a base de vigueta y bovedilla.

T máx ext	T máx int	T media	a	b	μ
54.8	34.1	33.45	21.35	0.65	0.03

Techumbre con 0° de inclinación de concreto armado.

Este sistema de construcción está soportado por muros de bloque de concreto de 0.15 m. de espesor; las condiciones utilizadas para las mediciones son las mismas que en los sistemas anteriores. el comportamiento sinusoidal de las (T. Ext.) y (T. Int.) define que la T. ext. máx. alcanza los 66.9°C a las 13:00 hrs., mientras que la T int. max. Alcanza los 43.2°C a las 15:00 hrs.; el retardo térmico es de 2 horas, como se muestra en la figura 13; el amortiguamiento se muestra en la Tabla 9.

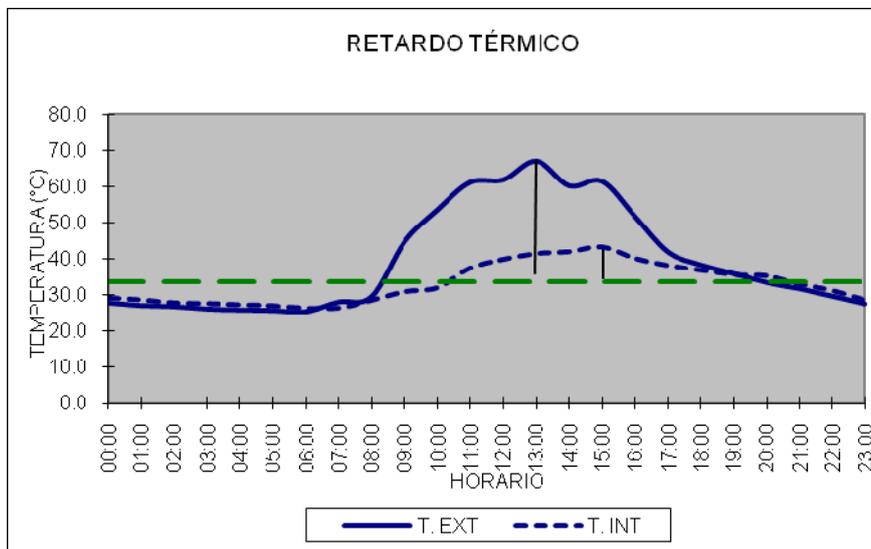


Figura 13. Comportamiento sinusoidal de techumbre de 0° de inclinación de concreto armado.

Tabla 9. Amortiguamiento térmico de techumbre de 0° de inclinación de concreto armado.

T. max. ext.	T. máx. int	T. media	a	b	μ
66.9	43.2	36.1	30.8	7.1	0.23

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

CONCLUSIONES

La metodología fue apegada a las normas de la ASTM y como resultado de ello se conocieron las características térmicas de los cuatro morteros en cuestión, los resultados de estos fueron comparados entre ellos.

Los resultados arrojaron que el mortero que favorece las condiciones, en cuanto al confort térmico, es el mortero con proporciones 1:1:3, ya que presentó la conductividad más baja de los cuatro morteros estudiados, incluso sólo se encuentra un 15% por encima de la conductividad del mortero cemento-arena.

Este mismo mortero (1:1:3) fue el que presentó el calor específico más alto comparado con los cuatro morteros, lo que significa que tiene una gran capacidad de acumular energía térmica antes de elevar su temperatura, esto sin ser el mortero de mayor densidad.

Las velocidades más bajas para transportar el calor entre la estructura cristalina de estos materiales se presentaron en aquellos morteros que contenían cal.

Los morteros con cal presentan valores favorables al confort térmico y entre ellos el que posee menos polvo de piedra caliza.

Entre los morteros 1:3 y 1:5, el que posee menos polvo de piedra caliza presenta mejores condiciones para el confort térmico.

La diferencia que existe entre el mortero de estudio con mejores características térmicas y el cemento-arena es que el primero tiene más capacidad de absorber calor.

En relación a los muros, el sistema constructivo con piedra caliza tiene un retardo térmico de horas, sin embargo no es posible una comparación con el otro sistema de muro (mortero 1:1:5-bloque de concreto-mortero 1:1:5) ya que son distintos materiales y procedimientos.

Respecto a las techumbres; el sistema con vigueta y bovedilla es más favorable que el sistema con concreto armado, aunque ambos sistemas tienen acabado con mortero 1:1:5 tampoco es posible una comparación precisa.

Como la cal juega el papel de impureza y no puede fraguar en presencia del agua, para su endurecimiento necesita inclusión, entonces estos morteros tienen defectos como poros aire y fisuras, así como defectos de vacancias e intersticios y defectos en el límite del grano los que los lleva a disminuir la movilidad de los portadores térmicos y por consiguiente a tener baja conductividad.

Aunque la cal ayuda a disminuir la conductividad en estos morteros, su uso debe ser limitado ya que la cal en exceso puede producir fisuras en el acabado.

TRABAJOS FUTUROS

Realizar análisis de todos los componentes químicos que lleva la mezcla en estos morteros y clasificándolos por tamaño, masa, entre otras propiedades físicas, se podría acercarse a identificar el comportamiento de la difusión en esos y otros materiales utilizados en la construcción local. Continuar trabajando en estos cuatro morteros, para llegar a conocer la impedancia térmica y el tiempo de retardo que el flujo del calor se lleva en atravesar el muro comparando los cuatro morteros con el mismo sistema constructivo.

Es conveniente seguir investigando con los demás productos que aparecen en el mercado y que se utilizan en la región.

Utilizar materiales con baja conductividad térmica favorece al ambiente por lo que se recomienda involucrar a las autoridades competentes para reglamentar el uso de materiales para la construcción en la región. Por lo que los procesos constructivos, en la elaboración de morteros (proporciones) se deben normar y unificar.

REFERENCIAS

LIBROS

- 1.-Askeland D. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. CENGAGE. Learning. México, 2008.
- 2.- Fernández J.. Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana. Instituto de Ingeniería de la UNAM. Series del Instituto de Ingeniería No. 472. México. 1983.
- 3.-Ferrero H.. Climatología. Manual de Arquitectura Solar. Trillas. México. 1991.
- 4.-Fuentes V. Arquitectura y Energía. Control Térmico en Edificaciones. Manual de Arquitectura Solar. Trillas. México. 1991.
- 5.-Giancoli D. Física para Universitarios. Prentice Hall. México.2002.
- 6.-Herrera A. Madrid G. Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. IMCYC. México. 2001.
- 7.-Hornbostel C. Materiales para Construcción, Tipos, usos y Aplicaciones. LIMUSA Wiley. México. 2002.
- 8.-Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Manual para Supervisar Obras de Concreto ACI-311-99. IMCYC. México. 2002.
- 9.- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Terminología del Cemento y del Concreto ACI 116R-00. IMCYC. México. 2002.
- 10.- Izard J. Arquitectura Bioclimática en México. Gustavo Gili. México. 1983.
- 11.-Neville A. Tecnología del Concreto. IMCYC. México. 1999.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

- 12.-Shackelford J. Ciencia de Materiales para Ingenieros. Prentice Hall. México.
- 13.-Shaffer J. Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería. CECSA. Compañía Editorial Continental. México. 2004.
- 14.-Smith W. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería. Mc Graw Hill. México. 2007.
- 15.-Van Lengen J. Manual del Arquitecto Descalzo, cómo construir casas y otros edificios. Árbol Editorial S.A. de C.V. México. 1997.

ARTICULOS

- 1.- González E. (2001). Selección de Materiales en la concepción Arquitectónica Bioclimática. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela.
- 2.- Bojórquez, I.; Castillo, S.; Puc, L. (2008) Propiedades térmicas de materiales utilizados para edificación de vivienda en el Caribe Mexicano. En *32 Semana Nacional de Energía Solar*. ANES/UADY. Mérida.

MEMORIAS.

- 3.- Corral, M., *et al* (2008) Comportamiento térmico experimental de un sistema constructivo industrializado de alta resistencia y uno tradicional de alta masa térmica: Ladrillo y Tridipanel. En *Medio Ambiente Construido y Desarrollo Sustentable. Primer Congreso Internacional*. La Habana.

MEMORIAS.**NORMAS**

- 1.- ASTM C 351 92. Standard Test Method for Mean Specific Heat of Thermal Insulation.
- 2.- ASTM C 177 97. *Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus.*

ACERCA DEL AUTOR (AUTORES)

El M.C. Alberto Yeladaqui Tello estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico de Chetumal. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería de la Construcción en el Instituto Tecnológico de Durango. Actualmente es Profesor de tiempo completo de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Chetumal.

AUTORIZACIÓN Y RENUNCIA

El (o los) autores del presente artículo autorizan a la Universidad Autónoma Metropolitana para publicar el escrito en las Memorias del 4º Congreso Internacional de Administración y Tecnología para Arquitectura, Diseño e Ingeniería. La UAM o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.

Las citas, reproducciones graficas y fotograficas, trabajos de diseño y demas material incluido en el presente texto, esta libre del pago de derecho de autor, según la “Ley Federal de Derrechos de Autor”, publicada en el Diario oficial de la Federación, de Diciembre 31 de 1965, reformada según decreto del 4 de noviembre de 1963. El articulo 18 de dicha ley, dice al pie de la letra:

“Art. 18. El derecho de autor no ampara los siguientes casos:

- c) La publicación de obras de arte o arquitectura que sean visibles desde lugares públicos.

- d) La traducción o reproducción, por cualquier medio, de breves fragmentos de obras científicas, literarias o artisticas, en publicaciones hechas con fines didacticos, ..., etc.”