

EVALUACION DE LA ADHERENCIA, RENDIMIENTO Y COSTO DE LOS MORTEROS A BASE DE CAL EN LA VIVIENDA SUSTENTABLE

Blanca Barajas

Antonio Castro

Marco de la Cruz

Universidad Autónoma de Coahuila

Abstract

The Faculty of Civil Engineering at the Autonomous University of Coahuila through the Department of Building Research developed gravimetric and volumetric characteristics of lime-based mortars in order to establish the criteria of comfort that can provide housing. In connection with the company Caleras de la Laguna, built 2 houses didactic prototype 72 m² in a semidesert region, a product based on lime and other traditional materials. The research aims to establish the ranges of comfort that can be proportional structural elements of housing developed on the basis of known natural product of high purity hydrated lime. The key factors of research include: the behavior of mixtures, the strength, performance, adhesion and durability of mortars, with this is to help create a database techniques to reduce costs and increase the comfort of home sustainable with a product that is abundant in this region. This investigation is based on the ASTM procedures, IMCYC.

Keywords: *lime mortars; comfort; sustainable housing*

Resumen

La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Coahuila a través de la Cátedra de Construcción desarrolla la investigación de las características gravimétricas y volumétricas de los morteros a base de cal con el fin de establecer los criterios de confort que pueden proporcionar a la vivienda. En vinculación con la empresa Caleras de la Laguna, se construyen 2 viviendas didácticas prototipo con 72 m² en una región semidesértica, una a base de productos de cal y otra con materiales tradicionales. La investigación tiene como fin establecer los rangos de confort que pueden proporcionar los elementos estructurales de la vivienda elaborados a base del producto natural denominado cal hidratada de alta pureza. Los factores fundamentales de investigación son: comportamiento de las mezclas, la resistencia, el rendimiento, la adherencia y durabilidad de los morteros, con esto se pretende contribuir a generar una base de datos técnicos que permitan disminuir los costos y aumentar el confort de las viviendas sustentables con un producto que en esta región es abundante. Esta investigación se desarrolla basada en los procedimientos de las normas ASTM, IMCYC.

Palabras clave: *mortero de cal; confort; viviendas sustentables*

1. Introducción

En las últimas décadas, las preocupaciones respecto al medio en que habita la humanidad han generado innumerables acercamientos a la cuestión, con propuestas que intentan no sólo una comprensión teórica de los problemas que hoy enfrentamos, sino también crear un aparato técnico-práctico con miras a la solución de dichos problemas.

En el caso específico de la construcción, también se ha dado el fenómeno de la aparición de propuestas teóricas y prácticas como intentos de comprensión y solución de los nuevos problemas que han ido surgiendo en el área. Podemos encontrar propuestas que van desde las posibilidades de lograr un concreto ecológico hasta aquellas que constituyen una guía de las más variadas técnicas alternativas para la construcción de una vivienda sustentable.

En México, la tecnología tradicional se basa en el concreto y el tabique, por ello decimos que las viviendas son de calidad, pero hay otras más que tienen otros materiales y también son de calidad. Lo que hay que hacer es certificar este aspecto en términos de cuánto dura la vivienda y el mantenimiento que tiene, para luego incorporar esos parámetros a la plusvalía del inmueble.

El problema principal de las viviendas en México es el calor, más que el frío; sobretodo en regiones semidesérticas como Coahuila, Chihuahua, Sonora, Nuevo León en donde se utiliza la mayor parte de la energía eléctrica en primer lugar para el enfriamiento de los espacios, seguido de la utilización para cocinar alimentos y proporciones pequeñas para calentar e iluminar la vivienda.

Por esta razón, lo que se pretende en este artículo es presentar una alternativa de un material como los morteros a base de cal, ya que es un material natural y abundante en México que favorezca las condiciones climáticas, energéticas y confortables dentro de las viviendas sobretodo en regiones semidesérticas con climas extremos en donde es indispensable utilizar materiales para la construcción que favorezcan el confort y la sustentabilidad.

Los morteros a base de cal hidratada aportan plasticidad, trabajabilidad, mayor retención de agua, mayor adherencia, menores retracciones y fisuraciones además pretenden contribuir a generar una base de datos técnicos que permitan disminuir los costos y aumentar el confort de las viviendas sustentables con un producto natural, utilizando procedimientos para su elaboración y prueba basados en las normas ASTM e IMCYC.

Se llevara a cabo un experimento aplicando el mortero a base de cal y comprándolo con el mortero tradicional y el yeso en 2 viviendas con 72m² de construcción; una construida con los materiales tradicionales comerciales (cemento, mortero comercial, concreto y yeso) y la otra con aplicaciones de cal.

2. Objetivo

Diseñar un mortero a base de cal que en base a su comportamiento, adherencia, trabajabilidad, resistencia, rendimiento y durabilidad represente una opción en costo y confort en la construcción de viviendas sustentables.

3. Caso de estudio

Debemos definir que un Mortero es una mezcla de un CEMENTANTE, ARENA Y AGUA. En el caso de los morteros tradicionales el cementante es mortero comercial o cemento, en los morteros a base de cal el cementante es la cal hidratada de alta pureza.

Los pasos para el desarrollo de este proyecto y conocer las características de los morteros a base de cal y cómo influyen en las viviendas son:

- Diseñar diferentes morteros tradicionales y a base de cal, a nivel laboratorio utilizando diferentes proporciones y materiales basándose en los métodos de la normativa ASTM C109 para el diseño y prueba de morteros.
- Realizar pruebas de compresión y adherencia a los morteros de cal, morteros tradicionales y el yeso utilizando los métodos de ensayo de la norma ASTM C109 y los proporcionados por la empresa Caleras de la Laguna.
- Comparar las características de los morteros de cal, los morteros tradicionales y el yeso de acuerdo a los resultados arrojados en las pruebas.
- Elegir un mortero a base de cal, un mortero tradicional y yeso mas usado en la construcción de viviendas y cuyo comportamiento sea el mejor a nivel laboratorio.
- Aplicar el mortero a base de cal, el mortero tradicional y el yeso elegidos por sus resultados y comportamientos en 2 viviendas prototipo construidas con 72m²; una con todas las aplicaciones de cal y la otra con los materiales tradicionales comerciales utilizados para construir en la región como son cemento, mortero comercial y yeso.
- Evaluar el rendimiento, la trabajabilidad y el costo de los morteros ya aplicados en las viviendas
- Conclusiones del experimento

Figura 1: Fases de Construcción de las Viviendas



4. Resultados

4.1 Se toman arenas de 4 bancos de materiales diferentes y se elaboran mezclas para Morteros a base de Cal y para morteros tradicionales, en las tablas 1, 2 y 3 se especifican las cantidades de cal y arena en botes de 19 litros de volumen; utilizadas para elaborar cada uno de los morteros, la cantidad de agua utilizada es la necesaria para el material.

Tabla 1: Proporciones de Cal y Arena en los Morteros a base de Cal

Mezcla	Cantidad de Cal Hidratada	Cantidad de arena
--------	---------------------------	-------------------

Cal-Arena D-Agua	1 Saco (25kg)	6 Botes
Cal-Arena C-Agua	1 Saco (25kg)	6 Botes
Cal-Arena F-Agua	1 Saco (25kg)	6 Botes
Cal-Arena U-Agua	1 Saco (25kg)	6 Botes

Tabla 2: Proporciones de Mortero comercial y Arena en los Morteros tradicionales

Mezcla	Cantidad de Mortero	Cantidad de arena
Cal-Arena D-Agua	1 Saco (50kg)	6 Botes
Cal-Arena C-Agua	1 Saco (50kg)	6 Botes
Cal-Arena F-Agua	1 Saco (50kg)	6 Botes
Cal-Arena U-Agua	1 Saco (50kg)	6 Botes

Tabla 3: Proporción de Yeso

Mezcla	Cantidad de Yeso	Cantidad de arena
Yeso	1 Saco (50kg)	0 Botes

4.2 Después de elaboradas las mezclas se procede a elaborar 9 cubos de morteros de 5x5cm de acuerdo a la norma ASTM C109 e IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto) que especifica el ensayo de morteros de cemento hidráulicos que comprende la compresión de probetas cúbicas de 50 mm (2 pulgadas) hasta el fallo. Además se curan los especímenes de mortero tradicional en un cuarto de curado el cual consta de un espacio cerrado que tiene condiciones de humedad al 95% y con una temperatura controlada de 25°C, se sumergen los especímenes en agua y se sacan una vez pasados los días y previamente a realizar la prueba de compresión de los cubos a los 7, 14 y 28 días; en el caso de los morteros a base de cal se siguió el procedimiento proporcionado por Caleras de la Laguna una empresa de Grupo Calidra, que consiste en agregar agua con un aspersor a los especímenes en las mañanas y tardes hasta que pasen los días y previamente a que se realice la prueba de compresión antes de los 7, 14 y 28 días. En la tabla 4 se muestran el resultado promedio de la prueba de compresión a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 4: Resultados de Compresión (Ton) de los Morteros Tradicionales, el Yeso y los Morteros a base de Cal

Mezcla	7 Días	14 Días	28 Días
Cal-Arena D-Agua	0.19	0.22	0.31
Cal-Arena C-Agua	0.18	0.12	0.28
Cal-Arena F-Agua	0.16	0.19	0.28
Cal-Arena U-Agua	0.18	0.18	0.28
Mortero C –Arena D-Agua	0.31	0.28	0.60
Mortero C –Arena C-Agua	0.34	0.42	0.67
Mortero C –Arena F-Agua	0.28	0.37	0.68
Mortero C –Arena U-Agua	0.32	0.39	0.44

Yeso	0.47	0.66	1.17
------	------	------	------

Figura 2: Especímenes y prueba de compresión



4.3 Se evaluó la adherencia de los morteros mediante un método de prueba de Adherencia que proporciono, implemento y valido Caleras de la Laguna una empresa de Grupo Calidra para esta prueba, ya una parte importante de los morteros es su adherencia a los muros y en México no existe alguna norma oficial para la medición de Adherencia de los morteros. La prueba consiste en el pegado de 2 blocks con el mortero y mediante la colocación de las 2 piezas pegadas en el equipo que fabrico la empresa, su funcionamiento es: un block queda sujeto de la parte de arriba del equipo y el otro esta también esta fijo por una placa que tiene un gancho en el cual carga un recipiente, se le va agregando peso al recipiente hasta que se desprege un block del otro que esta fijo en el equipo, se cuantifica el peso agregado y se obtiene la cantidad de kilogramos que necesita para despregarse un block de otro. En la tabla 5 se muestran los datos de adherencia y en la Figura 3 se muestran los especímenes probados de adherencia y la figura 4 es el equipo para probar la adherencia.

Figura 3: Especímenes de la prueba de adherencia



Nota: De izquierda a derecha especímenes de mortero comercial, mortero de cal y yeso.

Figura 4: Equipo para medir la adherencia



Tabla 5: Resultados de Adherencia (kg) de los Morteros Tradicionales, el Yeso y los Morteros a base de Cal

Mezcla	7 Días	14 Días	28 Días
Cal-Arena D-Agua	100	120	140
Cal-Arena C-Agua	84	103	120
Cal-Arena F-Agua	107	114	128
Cal-Arena U-Agua	96	101	135
Mortero C –Arena D-Agua	73	91	123
Mortero C –Arena C-Agua	75	86	94
Mortero C –Arena F-Agua	74	85	100
Mortero C –Arena U-Agua	43	54	98
Yeso	43	85	92

4.4 De acuerdo a los resultados obtenidos, de compresión y adherencia se eligen los morteros hechos con las mezclas:

- Mezcla Cal-Arena D-Agua
- Mezcla Mortero C-Arena F-Agua
- Yeso

4.5 Se aplica los morteros elegidos en las viviendas y en la figura 5 se aprecia la textura del mortero a base de cal, el mortero tradicional y el yeso.

Figura 5: Textura de los Morteros de cal, tradicionales y el yeso aplicados en las viviendas



4.6 Se calcula el rendimiento, el costo y la trabajabilidad del mortero a base de cal, el mortero tradicional y el yeso aplicados en las 2 viviendas, en la tabla 6 se describen los resultados obtenidos. Además una vez terminadas las viviendas con los morteros se revisa la temperatura interior de cada una de las viviendas y los resultados están representados en la tabla 7.

Tabla 6: Comparativo de rendimiento (metros cuadrados), trabajabilidad (cantidad de horas en que guarda su trabajabilidad y se puede aplicar) y costos (pesos) por metro cuadrado aplicado de los Morteros Tradicionales, el Yeso y los Morteros a base de Cal

Mezcla	Rendimiento	Costo	Trabajabilidad
Cal-Arena D-Agua	6.50	6.66	48
Mortero C –Arena F-Agua	7.74	12.80	8
Yeso	4.00	12.50	2

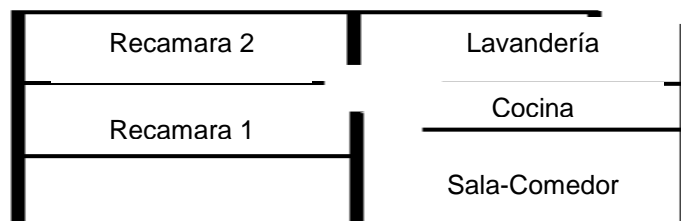
Nota: El comparativo es utilizando un saco de mortero comercial y yeso de 50kg y en el caso de la cal un saco de 25kg.

Se realizaron mediciones durante una semana en diferentes horas en el interior de las 2 viviendas, una con muros recubiertos con el mortero tradicional y el yeso y la otra con los muros recubiertos con un mortero a base de cal, tomando temperaturas por la mañana, a medio día y tarde, en la tabla 7 se encuentran los promedios de las mediciones de temperatura hechas por una semana en las viviendas con unas cámaras termográficas y en la figura 6 se muestra la distribución de las viviendas.

Tabla 7: Comparativo de temperatura (°C) de las 2 viviendas tomadas por la mañana, medio día y tarde

Hora	Temperatura casa de cal	Temperatura casa tradicional	Temperatura ambiente
10:00am	12.0	14.8	14.0
1:30 pm	23.5	25.2	26.5
6:00 pm	31.1	34.0	33.0

Figura 6: Distribución de las viviendas



5. Conclusiones

El desarrollo de tecnologías constructivas dirigidas hacia la sustentabilidad y el confort han cobrado gran importancia como parámetros de una vivienda que pueda considerarse como habitable; lo cual propicia la intervención de los responsables de elaborar los reglamentos de construcción, los especificadores y los desarrolladores de vivienda a contar con materiales mas adecuados que representen un confort y un ahorro para las personas.

En base al experimento realizado podemos encontrar como influyen las características de los materiales utilizados en la construcción de una vivienda en su confort, resaltando que las características de los morteros a base de cal son diferentes a las características de los morteros tradicionales y el yeso, ya que a través de este caso de estudio se pudo apreciar en principio que el uso de morteros de cal en el recubrimiento de muros proporciona confort en una vivienda debido a que se puede esperar entre 2 y 3 grados de diferencia de temperatura con respecto al exterior de la vivienda en una región semidesértica.

En costo, el uso de morteros a base de cal representa la mitad del costo de un mortero tradicional o yeso por la cantidad de materiales utilizados para elaborar cada mortero.

Rendimiento: el mortero de cal rinde el doble de metros aplicados con respecto a los metros aplicados de un mortero tradicional porque utilizando un saco 25kg de Cal hidratada obtiene un rendimiento similar al de un saco de 50kg de un mortero comercial o yeso.

Existe una diferencia entre los morteros tradicionales, el yeso y los morteros a base de cal, en cuanto a la resistencia a la compresión, presenta resultados más altos el yeso, seguido del mortero tradicional y finalmente el mortero a base de cal, más sin embargo en la adherencia el mortero de cal presento una mayor fijación en ambas partes de los especímenes probados a comparación del yeso y el mortero comercial, que solo se fijo todo el material en una pieza y no en ambas como el de cal. Por lo cual el mortero a base de cal es un producto natural y con características como plasticidad, trabajabilidad, mayor retención de agua, mayor adherencia, menores retracciones y fisuraciones puede contribuir en la construcción de viviendas sustentables.

6. Referencias

1. Sisi Martin, García Conesa, Moran Azconegui. Guía Práctica de la cal y el estuco, 1998.
2. Bailey Sean, Baldini Nicole. Annual Book of ASTM Standards, ASTM C-109, 2009.
3. Jacobs F. Hacia un concreto ecológico. Construcción y tecnología, febrero 2000, pág. 11-19.
4. Caleras de la Laguna. Manual de procedimientos de Control de Calidad (MSIT), instructivos de pruebas de compresión y adherencia, 2010.
5. Grupo Calidra. Características y usos de la Cal. Disponible en <http://www.calidra.com>.
6. EcoYeso. Tipos de yeso. Disponible en <http://www.ecoyeso.com>.
7. Yeso Fértil. Características del yeso. Disponible [http://](http://www.yesofertil.com) en www.yesofertil.com.
8. Yesos Especializados. Usos y proporciones del yeso. Disponible en <http://www.yesosespecializados.com>.
9. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. Características, tipos y métodos de prueba de los morteros. Disponible en <http://www.imcyc.com.mx>.
10. Arredondo, F. (1972). *Estudio de materiales: V.-Hormigones*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.
11. Villanueva Domínguez, Juan, y García Santos, Alfonso. *Manual del yeso*. ATEDY, 2001. ISBN 84-95312-46-8

Correspondencia (Para más información contacte con):

Universidad Autónoma de Coahuila
División Estudios de Posgrado
Phone: + 01 (871) 757 17 17, (871) 757 16 61
Email: mcienciasconstruccion@mail.uadec.mx