

DETERMINACION DE FRAGUADO DE MORTEROS DE CAL MEDIANTE FENOLFTALEINA

Cecilia López Pérez y Crispín Celis

Pontificia Universidad Javeriana.

Facultad de Arquitectura y Diseño y Facultad de Ciencias , Crr. 7 No. 40-62, Edificio 18.

Bogotá- Colombia

Tel: (+571) 3208320, Ext: 2423, Fax (+571) 3208320, Ext:2421

E-mail:lopez.c@javeriana.edu.co y crispin.celis@javeriana.edu.co

Tema 3: Técnicas, Construção, Investigaçã o e Desenvolvimento

Palavras-clave: Morteros, transferencia tecnológica, pruebas químicas

Resumo

Tradicionalmente, los pañetes son recubrimientos del muro cuya función principal es la de protegerlo contra los efectos del clima u otros elementos externos que pueden ocasionar el deterioro.

Estos revestimientos han tenido una variada aplicación en nuestra arquitectura. Se han empleado tanto en interiores como exteriores, en mamposterías expuestas al aire seco como en construcciones cercanas a agua salada, en desarrollos de arquitectura prehispánica hasta arquitectura actual y en tipologías de vivienda hasta arquitectura militar, dando así una gran muestra de su utilidad y versatilidad.

En nuestro medio los morteros para cubrir construcciones en tierra son una mezcla de cal y tierra, a la cual se le añadían diferentes productos como jugos vegetales, gomas, miel, cera de abejas y fibras naturales. La pintura de recubrimiento era una mezcla de cal con pigmentos naturales o almagres (tierras de colores).

Esta diversidad de componentes sobre los que se desconoce su procedencia y dosificación trae como consecuencia una gran variedad de posibilidades de deterioro de los morteros en una edificación. Tradicionalmente, se clasifican en dos clases los deterioros de morteros: uno por causas intrínsecas y otro por causas extrínsecas. Los primeros por características propias de localización, características del terreno, defectos de construcción y composición del elemento de soporte de la construcción. En el segundo, se encuentran los factores físico-mecánicos, químicos y biológicos.

En el ámbito de la restauración, para los restauradores es un reto intervenir la edificación de manera económica, conservando su esencia a nivel espacial, de mínima intervención y daño posible a la edificación. Sin embargo, como se mencionó son diferentes variables las que pueden afectar o producir patologías en un mortero, por lo que se requieren técnicas que permitan descartar variables y emplear los recursos disponibles de una manera racional.

En el presente artículo se presenta la técnica de análisis de morteros mediante Fenolftaleína desarrollado con los estudiantes de tercer semestre de la Maestría en Patrimonio Cultural y Territorio en el año 2008, que permite determinar de una forma sencilla el estado de fraguado de un mortero.

1.INTRODUCCION

Tradicionalmente, los pañetes son recubrimientos del muro cuya función principal es la de protegerlo contra los efectos del clima u otros elementos externos que pueden ocasionar el deterioro.

Estos revestimientos han tenido una variada aplicación en nuestra arquitectura. Se han empleado tanto en interiores como exteriores, en mamposterías expuestas al aire seco como en construcciones cercanas a agua salada, en desarrollos de arquitectura

prehispánica hasta arquitectura actual y en tipologías de vivienda hasta arquitectura militar, dando así una gran muestra de su utilidad y versatilidad.

En nuestro medio los morteros para cubrir construcciones en tierra son una mezcla de cal y tierra, a la cual se le añadían diferentes productos como jugos vegetales, gomas, miel, cera de abejas y fibras naturales. La pintura de recubrimiento era una mezcla de cal con pigmentos naturales o almagres (tierras de colores).

Esta diversidad de componentes sobre los que se desconoce su procedencia y dosificación trae como consecuencia una gran variedad de posibilidades de deterioro de los morteros en una edificación. Tradicionalmente, se clasifican en dos clases los deterioros de morteros: uno por causas intrínsecas y otro por causas extrínsecas. Los primeros por características propias de localización, características del terreno, defectos de construcción y composición del elemento de soporte de la construcción. En el segundo, se encuentran los factores físico-mecánicos, químicos y biológicos.

En el ámbito de la restauración, para los restauradores es un reto intervenir la edificación de manera económica, conservando su esencia a nivel espacial, de mínima intervención y daño posible a la edificación. Sin embargo, como se mencionó son diferentes variables las que pueden afectar o producir patologías en un mortero, por lo que se requieren técnicas que permitan descartar variables y emplear los recursos disponibles de una manera racional.

En el presente artículo se presenta la técnica de análisis de morteros mediante Fenoltaleína desarrollado con los estudiantes de tercer semestre de la Maestría en Patrimonio Cultural y Territorio en el año 2008, que permite determinar de una forma sencilla el estado de fraguado de un mortero.

2. LOS MORTEROS

La palabra “mortero: se deriva de la expresión latina “Mortarius”, con que se designa el caldero que se uso para cocer la cal. El mortero es un material plástico para cerrar juntas, de asiento y verticales. Sirven igualmente, para alisar superficies de paredes y para proteger fachadas con poca resistencia a la intemperie. (Adam Pierre, Pag. 220)

Los morteros de cal en nuestro medio tienen diferentes denominaciones y usos dependiendo el uso y tipo de mezcla. De acuerdo al uso se denominan:

- Lechada o lechazo: Es la cal en un estado cremoso, casi líquido de cal y tierra ó cal pura, que se emplea como pega de cimientos.
- Pañetes: revestimiento de acabado final aplicado en paredes y techos
- Estucos: Son pañetes de cal y yeso que poseen como características ser especialmente brillantes y pulidos.

Por otra parte los morteros poseen diferentes mezclas que se clasifican en: (Garate, Ignacio. Pag 34)

- Morteros de cal: Mezcla de cal, arena y agua para el amasado. Sirve como mortero de albañilería, revoques y enlucidos con resistencia normal.
- Mortero de cal y fibra: Es un mortero de cal al que se le ha agregado fibras de origen animal como pelo de cabra, vaca, conejo, o vegetal como fique, filamentos de coco, heno o tamo de leguminosas. Se emplea donde existen posibilidades de grietas, entre los marcos de las ventanas, en los puntos de unión de chimeneas con revestimiento interior de la cubierta y tejado.

- Mortero de barro: Mezcla de tierra arcillosa y agua. Se endurece por desecación. La adicción de pelo animal, paja o estiércol, disminuye el peligro de agrietamiento por contracción. El mortero de barro se emplea en: Juntas, paredes de adobes, ladrillos o mampuestos de piedra esponjosa (pómez o toba) Para enlucir por ambas caras las cercas o vallas de mimbre entretreídos, como las empleadas en construcciones de bahareque. Para la construcción de hornos, hogares, calderas y para otros trabajos de albañilería se le adiciona miel o extractos de caña de azúcar.
- Mortero de yeso y cal: Mezcla de cal y arena a la que se añade la pasta de yeso previamente mezclada.

En nuestro medio las patologías más frecuentes son las fisuras, resquebramientos, erosiones, falta de adherencia y los desprendimientos generalmente producidos por humedad y deformaciones del soporte. (Corradine, Alberto, p. 25)

2.1 Fraguado de un mortero

Se entiende por fraguado de un mortero el proceso de solidificación, endurecimiento y pérdida de plasticidad inicial por la desecación y cristalización de sus componentes. (Perez Carlos)

Como pruebas físicas, para determinar la consistencia de fraguado de un mortero se emplean diferentes métodos como: la aguja de Vicat (consistencia del mortero de acuerdo a la cantidad de agua); la aguja de Gilmore (Dispositivo de que mide la relación entre la penetración inicial y la final); y el método por temperatura (variación). Todos ellos exigen la construcción de probetas con proporciones y materiales iguales a los empleados en el pañete; lo cual para un restaurador implica sobre costos, ya que debe emplear técnicas de espectrometría que le permitan determinar la composición del material de recubrimiento, para reproducirlo y analizarlo.

A nivel químico, como método de análisis se emplea la Fenolftaleína. Con fines prácticos este método resulta de utilidad para determinar el fraguado en obras de restauración ya que el componente es de fácil transporte, manipulación y obtención a nivel comercial. Adicionalmente, para interpretar los resultados no se requiere la presencia de un profesional especializado.

2.3 Pruebas con fenolftaleína para morteros de cal

La fenolftaleína es un compuesto químico que se obtiene por reacción del fenol (C_6H_5OH) y el anhídrido ftálico ($C_8H_4O_3$), en presencia de ácido sulfúrico. (Enciclopedia Encarta)

Es un sólido blanco o blanco amarillento e inodoro; sus cristales son incoloros y es soluble en agua. No es soluble en alcohol, con lo que normalmente se disuelve en alcohol para su uso en experimentos.

En química se utiliza en análisis de laboratorio, investigación y química fina. En investigaciones forenses, sirve para detectar manchas de sangre. Como medicamento es ingrediente activo de los laxantes tipo de caramelo.

La fenolftaleína es un indicador de pH, es decir, indica que pH contiene la solución mediante diferentes colores. La fenolftaleína presenta los siguientes colores en los siguientes intervalos de pH

- pH entre 0 y 8,0 = Incolora

- pH entre 8,0 y 9,8 = Rosada
- pH entre 9,8 y 14 = Magenta

En ingeniería permite determinar el nivel de carbonatación del concreto por efecto del medio ambiente. En los morteros de cal que no se encuentran fraguados, su color cambia de incoloro a magenta. Esta característica es útil porque permite determinar si un mortero, aunque lleve varios años de aplicado, se encuentra en las condiciones de fraguado óptimas que le permite ser un soporte y protección adecuada de un muro.

2.4 Pruebas de morteros de cal en laboratorio

Para el estudio de fraguado de los morteros con fenolftaleína, el análisis se desarrollo en tres etapas. En la primera, se corroboró las características de los materiales. En la segunda, se construyeron probetas de morteros con diferentes mezclas y formas de secado con el objeto de establecer la efectividad del método en varias mezclas. Y en la tercera se aplicó la Fenolftaleina para obtener el nivel de PH que permite establecer el fraguado del mortero.

Construcción de probetas

Fase I: Análisis de materiales

Prueba A

Presencia de carbonatos en la arena

Antes de la construcción de las probetas se le realizó a la arena una prueba para descartar la presencia de carbonatos, sulfatos y cloruros que pudiera afectar la mezcla de morteros de tierra. Para ello se sometió a la arena a tres pruebas dos con ácido clorhídrico (HCl) y uno en una mezcla de ácido nítrico y nitrato de plata.

Para realizar esta prueba se puso arena en un filtro de papel y se colocó el filtro dentro de un embudo, luego se procedió a lavar la arena con agua destilada. Luego se dividió el agua resultante en tres tubos de ensayo, a cada uno de los tubos se le agrego los elementos químicos mencionados. Las muestras, no presentaron burbujas ni cambio de color.(Ver figura 1 y cuadro 1)



Fig. 1. Prueba de comprobación de carbonatos en la arena.

Fuente: Alumnos MPT y C

Cuadro No. 1 . Resultado del análisis de arena.

MUESTRA	Reacción HCl
Tubo 1	No hay
Tubo 2	No hay

Tubo 3	No hay
--------	--------

De acuerdo a los resultados obtenidos se establece que la arena es apta para la realización de las probetas porque no hay presencia de carbonatos. La aparición de carbonatos en la arena para construcción en tierra no es conveniente porque causa el desmoronamiento y cambio de color de la estructura.

Prueba B

Determinación de presencia de Sulfatos en la arena

Para establecer la presencia de Sulfatos en la arena de cantera se empleo ácido Clorhidrico (HCl) y Cloruro de Bario (BaCl₂). Presentando el siguiente resultado:

Cuadro No. 2 . Presencia de sulfatos

MUESTRA	REACCION HCl + BaCl ₂
Tubo 1	No hay cambio de coloración

Después de realizar el procedimiento y observar que el agua no se tornó de color blanco, se estableció que la arena es apropiada para la mezcla con tierra debido a su carencia de sulfatos.

Prueba C

Presencia de Cloruros en la tierra

Para determinar la presencia de cloruros en la tierra se emplea ácido nítrico (HNO₃) y nitrato de Plata (AgNO₃). Para lo cual se emplea la pipeta de prueba No. 1 a la que se le había aplicado el ácido nítrico (HNO₃). A ésta se le adiciona el nitrato de Plata (AgNO₃), obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro No. 3 . Presencia de Cloruros

MUESTRA	REACCION HCl + HNO ₃ + AgNO ₃
Tubo 2	Coloración Turbia
Tubo 3	Coloración Turbia



Fig.2 Análisis de Cloruros

Después de agitar la pipeta, la muestra se pone turbia, lo que indica presencia de cloruros. Esta condición determina que la tierra debe sufrir un proceso de lavado antes de su uso ya que los cloruros presentan una alta propiedad de migración por su

capacidad de solubilidad en agua ocasionando alteraciones en el comportamiento de los morteros.

Prueba D

Comprobación de buen funcionamiento del reactivo

Para la comprobación del reactivo se realizan dos pruebas colocando en un recipiente arena y en otro cal. A ambos recipientes se les añade ácido clorhídrico obteniendo la siguiente reacción:

Cuadro No. 4. Corroboración de reacción

MUESTRA	REACCION HCl
ARENA	No hay
CAL	Presencia burbujas

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que el reactivo reacciona bien ante la presencia de carbonatos porque produce burbujas durante la prueba, lo que indica que apto para la realización de la prueba.

Fase II

Construcción de probetas de morteros

Para el análisis de fraguado se elaboraron probetas de morteros con las mezclas indicadas en el cuadro 5 y en diferentes condiciones de secado.

Cuadro No. 5 TIPO DE MEZCLAS

Material	Arena	Cal apagada	Yeso	Fibra
Mezcla				
1	4	1		
2	3		4	1/2
3	4	1 1/2		
4			4	1/4
5	1		2	

Para la construcción de las probetas se emplearon vasos de polipropileno expandido de 6 onzas (177 cm³), dentro de ellos se vertieron las diferentes mezclas, realizando tres probetas por cada muestra. Las muestras se colocan en una base que tiene papel filtro que ayuda a absorber la humedad sobrante. En total se realizaron 15 probetas.





Fig. 3 Preparación de las mezclas

Condiciones de fraguado de las probetas de morteros

Las probetas se dejaron en tres condiciones de fraguado:

1. Condiciones ambientales de Bogotá (Temperatura media anual: 14 °C y humedad relativa media anual: 72 %) (Universidad Francisco José de Caldas)



2. Condiciones de humedad: 85% y 100%



3. Condiciones artificiales de calor: 100 °C y 800 °C



Bajo estas condiciones se dejaron las muestras durante 30 días.

Pruebas de medición relativa y orgánica

En forma simultánea a las anteriores pruebas se realizó la prueba de humedad relativa y orgánica de la tierra y la arena, que busca determinar la humedad contenida en el material y determinar qué cantidad de materia orgánica tiene el material

Para realizar esta prueba se lleva la tierra al horno a dos temperaturas de 100 °C y 800 °C en él se dejaron las muestras por 48 horas. Se tomo el peso del crisol y el peso inicial

Los resultados obtenidos para la tierra a una temperatura de 100 °C son:

Cuadro No. 6

Material	Peso crisol	Crisol + Tierra	Peso inicial(gr)	Peso Final (gr)	Humedad relativa %
Tierra	39,0311	43,3773	4,3462	4,1498	4,51

Los datos arrojados para la arena son:

Cuadro No. 7

Material	Peso crisol	Crisol + arena	Peso inicial(gr)	Peso final(gr)	Humedad relativa (%)
Arena	31,5369	36,2271	4,6902	4,5429	3,14

Los resultados arrojados para la tierra sometida a una temperatura de 800 °C son

Cuadro No. 8

Material	Peso crisol	Crisol + tierra	Peso inicial(gr)	Peso Final (gr)	Contenido Materia Orgánica
Tierra	19,2063	21,5038	2,2975	2,1724	5,31

Los datos arrojados para la arena son:

Cuadro No. 9

Material	Peso crisol	Crisol + arena	Peso inicial(gr)	Peso final(gr)	Contenido Materia orgánica
Arena	16,0443	18,1925	2,1482	2,0645	3,8125



Fig. 4 Peso de la tierra y el crisol**Fase III. PRUEBAS CON FENOLFTALEINA**

Para el desarrollo de esta fase se tomaron las probetas ya fraguadas y se realizó un corte transversal en la parte superior del mortero y mediante Fenolftaleína disuelta al 1% en alcohol se busca la presencia de Cloruros. Sobre la cara seccionada se aplica Fenolftaleína con los siguientes resultados:

Cuadro No. 10. Comportamiento de las muestras (1)

TIPO DE MUESTRA	CONDICIONES			
	AMBIENTALES EXTERIORES	HUMEDAD		AMBIENTALES E INTERIORES
		100%	70%	
15	Superficie: Blanca	Superficie: Fucsia	Superficie: Blanca	Superficie: Fucsia
	Centro: Fucsia	Centro: Fucsia	Centro: Fucsia	Centro: Fucsia

**Fig. 5. Análisis con Fenolftaleína****Análisis de morteros antiguos**

Con esta misma metodología se pueden analizar morteros en el ámbito de las construcciones patrimoniales. Para ello se extraen muestras en los bienes de interés cultural empleando la Fase III. Este método permitirá de forma ágil determinar en obra si el mortero posee el fraguado para cumplir con el oficio de servir de protección a la edificación.

Conclusiones

Como resultado de estos desarrollos se pudo determinar qué:

- La fenolftaleína resulta de utilidad para determinar en obra el nivel de fraguado de un mortero de cal.
- No es recomendable elaborar morteros muy gruesos dado que su proceso de fraguado es más lento y no se logra la consistencia adecuada para proteger el elemento de soporte
- En condiciones ambientales internas el mortero de cal no llega a obtener el mismo nivel de fraguado que las expuestas a ambientes externos.
- Las muestras que se dejaron en condiciones de humedad alta no fraguaron, concluyendo que en ambientes muy húmedos los morteros de cal no fraguan. Se recomienda entonces, el empleo de estos morteros en ambientes secos y calientes.

BIBLIOGRAFIA

- Adam, Jean – Pierre. La construcción romana materiales y técnicas. Ed. Centro de los oficios, León, España, 1996
- Corradine Angulo, Alberto. Introducción a la patología de edificios. Ed. Icomos de Colombia, 1998
- Enciclopedia Encarta. Tomado de <http://es.encarta.msn.com/> Consultado en Junio de 2009
- Gárate Rojas, Ignacio. Artes de la cal, Ed. Munilla-Leira, Madrid-España, 2002
- Perez Calvo, Carlos. Diccionario ilustrado de arquitectura. Ed. Plazas Jorge, 1979. Bogotá, Colombia y Diccionario de arquitectura y construcción en <http://www.parro.com/>. Consultado Junio 2009
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Historia, símbolos, características y sitios de interés. Tomado de <http://www.udistrital.edu.co>. Consultado Junio de 2009

Curriculum

Cecilia Lopez Perez, Arquitecta con magister en Restauración de Monumentos arquitectónicos. Docente de pregrado del Departamento de Arquitectura y posgrado en la Maestría en Patrimonio Cultural y territorio. Directora de tesis de Maestría e investigadora principal del grupo GRIME- Grupo de investigación y materiales- de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.

Crispin Celis, Químico con Magíster de la Universidad Industrial de Santander-Colombia. Especialista en el análisis de deterioro ambiental de bienes inmuebles del Centro Nacional de Restauración y Museología de la Habana, Cuba. Actualmente cursa estudios de doctorado en la Facultad de Tecnología y Química Ambiental del Instituto de Química de Praga, República Checa. Profesor de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.