

Desarrollo de un proceso de ceramización superficial *in situ* de revoques de tierra.

Development of superficial *in situ* ceramization process of earth plasters.

Presentación: 4 y 5 de Octubre de 2022

Doctoranda:

Araí S. Rieppi Godoy

Centro experimental de la vivienda económica (CEVE) – Argentina.
arairieppigodoy@gmail.com

Director:

Lucas E. Peisino.

Codirectora:

Bárbara B. Raggiotti

Codirector:

Guillermo Rolón

Resumen

Es conocido que los revoques exteriores de tierra sufren una acelerada degradación debido a las inclemencias medioambientales (lluvia, viento, granizo, etc.) pero también resultan los más adecuados para ser aplicados sobre muros del mismo material. El plan de tesis doctoral propuesto se orienta al estudio de las posibilidades de ceramización *in-situ* superficial en un revoque de tierra, con el fin de mejorar su resistencia, a través de un procedimiento sostenible y apropiable. Se proponen cinco objetivos específicos a desarrollar: la selección de los suelos a emplear, su adecuación con un proceso de ceramización, la determinación de las fuentes de calor, evaluación de cambios en las propiedades y el establecimiento del impacto ambiental asociado con el proceso. Es relevante mencionar que se plantean instancias de control y verificación de los resultados en aplicaciones reales (muros experimentales y/o construcciones existentes).

Palabras claves: revoque de tierra, ceramización *in-situ*, vivienda social.

Abstract

It is known that exterior earth plasters suffer an accelerated degradation for to environmental inclemency's (rain, wind, hail, etc.) but they are also the most suitable to be applied on walls of the same material. The proposed doctoral thesis plan is oriented to the study of the possibilities of *in-situ* ceramics on the surface in an earthen plaster, in order to improve resistance, through a sustainable and appropriate procedure. Five specific objectives are proposed to be developed: the selection of the soils to be used, its adaptation to a ceramization process, the determination of the heat sources, the evaluation of changes in the properties and the establishment of the environmental impact associated with the process. It is relevant to mention that there are instances of control and verification of the results in real applications (experimental walls and / or existing constructions).

Keywords: Earth plaster, ceramization, social housing.

Introducción

En la actualidad y crecientemente la sociedad demanda edificaciones económicas, amigables con el medio ambiente y energéticamente eficientes, dando mayor valor a la salud y al confort climático interior de sus viviendas. Estos requerimientos de hábitat han generado un cambio de visión despertando un interés en materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción. Es conocido que los revoques exteriores de tierra sufren una acelerada degradación debido a las inclemencias medioambientales (por ejemplo, lluvia, viento, granizo y biodeterioro) pero resultan, al mismo tiempo, entre los más adecuados para ser aplicados sobre muros construidos con este mismo material. Por esta razón, a lo largo de la historia se han desarrollado diversas estrategias para mejorar su durabilidad donde destacan estrategias de estabilización química (por ejemplo, la incorporación de cemento y cal) y/o mecánica (corrección granulométrica y agregado de fibras, entre otras). Hasta el momento es escasa la experiencia de estabilización de revoques de tierra por vía de la transformación química del material, donde el tratamiento térmico (habitual para la elaboración de cerámicos) es una posibilidad. Este proceso de transformación de la tierra en cerámica a altas temperaturas por acción del calor es denominado ceramización (Zuleta Roa, 2012).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es que se propone como objetivo general contribuir al desarrollo de nuevos materiales y procedimientos para revestimiento compatibles con la arquitectura de tierra, bajo criterios de eficiencia energética y sostenibilidad. Para esto se comenzó con una exploración de tipos de suelos y su caracterización. Luego se elaboraron probetas con distintas mezclas teniendo como material principal la tierra y aditivos varios. Seguido con una elección de la fuente de calor y puesta a punto de un dispositivo térmico diseñado para la ceramización *in-situ*.

Desarrollo

Materia prima.

En primer lugar, se tomaron dos muestras de suelos de la provincia de Córdoba. Una, de tipo comercial provista por un proveedor de la ciudad (T1) y la otra es de una localidad cercana, La Paisanita (T2). En el laboratorio se realizaron ensayos normalizados para la caracterización de la mismas: análisis granulométrico mediante tamizado y densitometría (método del hidrómetro) (ASTM D7928 - 17, 2017), determinación de materia orgánica mediante el método de pérdida por ignición (Magdoff et al., 1996), índice de plasticidad (IRAM 10501, 2007), límite líquido, límite plástico entre los más importantes. Esto tiene como objetivos, determinar el porcentaje de arena, de limo y arcilla, y poder clasificarlas en un grupo definidos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (ASTM, 2017), y determinar el tipo de materia prima utilizada como base para todas las mezclas.

Basándonos en los valores obtenidos en cada ensayo, los suelos a emplear poseen las siguientes características: T1 es un limo de baja plasticidad arenoso (ML) con un contenido del 20%, 53 % y 27 % de arcilla, limo y arena, respectivamente; mientras que T2 es una arena arcilloso - limosa (SC-SM) con 9%, 27% y 64% de arcilla, limo y arena, respectivamente. En cuanto a la materia orgánica, la muestra T2 posee aproximadamente el doble que la muestra T1. Este dato es importante ya que el contenido de materia orgánica es contraproducente durante el proceso de ceramización de las mezclas. Este dato es importante ya que el contenido de materia orgánica es contraproducente durante el proceso de ceramización de las mezclas. Sin embargo, los niveles de materia orgánica en ambas muestras están por debajo del 2%.

Elaboración de probetas

Se moldearon 25 probetas prismáticas de 4x4x16 cm por cada mezcla en las que se variaron la materia prima y las dosificaciones. Las primeras probetas se realizaron con tierra como material principal y arena como agregado sin ningún tipo de aditivo, se utilizó T1 y T2. Esto nos permitió evaluar el comportamiento de cada muestra de tierra. Luego se realizaron probetas utilizando como base T1 con agregados (arena fina normalizada, chamote fino, chamote grueso y cuarzo en polvo), arcillas comerciales que son utilizadas a modo de aditivo (caolín y bentonita), fundente como sustancia agregada (esmalte alcalino) y agua corriente para lograr la plasticidad.

Los especímenes se secaron durante 30 días, a temperatura ambiente dentro del laboratorio. Seguidamente se eliminó la humedad ambiente dentro de una mufla a 110°C durante 240 minutos y luego se ceramizaron a 400, 500, 600, 700 y 900 °C respectivamente, con una rampa de 4°C/min y un tiempo de mantenimiento a la temperatura final de 30 minutos. Por otra parte, se dejó sin ceramizar una muestra denominada “patrón”.

Los especímenes realizados se sometieron a ensayos para obtener el índice de erosionabilidad hídrica (NZA 4298, 1998) y el índice de abrasión (Red Protierra Argentina, 2020). Luego de estos ensayos se cortaron las probetas en cubos de 4x4x4 cm y se sometieron a ensayos de compresión simple (IRAM, 2006).

Diseño de un dispositivo térmico.

Inicialmente se analizaron las fuentes de calor para llevar a cabo una ceramización *in-situ* sobre 1 m² de revoque de tierra. Como primera opción se propuso un sistema de resistencias eléctricas, se diseñó un dispositivo térmico que cuenta con 4 partes principales: una estructura de contención, aislación térmica, conexión eléctrica y resistencias eléctricas tipo espiral. La estructura tiene las dimensiones necesarias para ceramizar 1 m² o la posibilidad de generar un panel que abarque mayor área acoplando varios dispositivos térmicos. Recientemente se realizó un prototipo a escala laboratorio logrando un área efectiva de 22x27 cm, permitiendo tratar térmicamente dos adobes revocados sobre la cara superior simultáneamente (Figura 1) o un conjunto de 3 adobes de canto con junta horizontal revocados. Sobre el revoque se apoyan dos termocuplas para conocer la temperatura de trabajo del sistema (Figura 1).



Figura 1. a) Elementos del dispositivo; b) Dispositivo en uso con dos adobes revocados.

El dispositivo térmico se utilizó a modo de prueba sobre adobes revocados para conocer el tiempo necesario para llegar a las temperaturas de 400 y 600 °C. En esta primera instancia, se tomaron valores de temperatura *vs.* tiempo para poder conocer las curvas de calentamiento, teniendo en cuenta que se utilizaron dos resistencias estándar de 2000 w, colocadas en paralelo. Con esta configuración se logró llegar a los 400 °C en diez minutos y a los 600 °C en 20 min aproximadamente. Con este dispositivo hasta el momento se han ceramizados revocos de manera preliminar con el objeto de evaluar la factibilidad del proceso. En este sentido, es importante destacar que los ensayos y resultados expuestos en este trabajo se obtuvieron de probetas ceramizadas en la mufla.

Resultados

Los resultados obtenidos demuestran que se produce un cambio notable en las propiedades mecánicas estudiadas, en coincidencia con un aumento en las temperaturas de ceramización. Sin embargo, todas las muestras evidencian una disminución en la resistencia a la compresión y a la abrasión entre 500 y 600 °C, comportamiento que se puede asignar a procesos de deshidratación de las arcillas.

Se observan incrementos en la resistencia a compresión desde un 10% hasta un 250% si se comparan los resultados de las probetas patrones (sin ceramizar) con las de 900 °C, mientras que para la resistencia a abrasión los incrementos observados son desde un 3% a un 50%. Por otro lado, en la Figura 2 se muestra el resultado típico de las mezclas luego de ser ensayadas a erosión hídrica; puede observarse que existe una notable resistencia al agua a partir de los 400 °C. Excepcionalmente, en la mezcla que posee bentonita estas mejoras se visualizan a partir de los 600 °C.

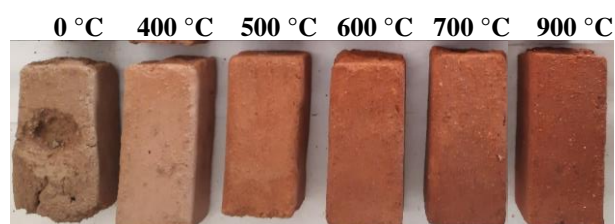


Figura 2. Patrón típico de las probetas luego del ensayo a erosión hídrica.

A continuación, se mencionan los resultados obtenidos del análisis de comportamiento global de las resistencias a compresión, abrasión y erosión hídrica de cada componente involucrado.

Las probetas realizadas con T2 y con mezclas con más contenido de arena o chamote grueso poseen un desempeño poco satisfactorio debido a una distribución granulométrica heterogénea.

Entre los aditivos utilizados, el caolín aporta muy buenas propiedades traducidas en un aumento de las resistencias analizadas y se comporta aún mejor a mayor temperatura de ceramización. La bentonita aporta una buena trabajabilidad en la pasta húmeda, no obstante, como se menciona anteriormente, en el ensayo de erosión fue notable el desgaste para los especímenes patrones (sin ceramizar) y los expuestos a bajas temperaturas (400 y 500 °C).

El polvo de cuarzo, junto con la arena y el chamote aportan propiedades beneficiosas durante el proceso de secado tal como la disminución de la contracción por secado. Sin embargo, sólo la incorporación de polvo de cuarzo genera un incremento de las resistencias mecánicas durante el proceso de ceramización.

El fundente utilizado, esmalte alcalino, no generó aporte alguno a las mezclas teniendo en cuenta que las temperaturas de trabajo empleadas son bajas, lo que no permite que este fundente pueda reaccionar químicamente con la matriz.

Finalmente, si analizamos las temperaturas de ceramización empleadas, se puede decir que entre 500 y 600 °C, las transformaciones que tienen lugar a esas temperaturas generan una disminución de las propiedades mecánicas (resistencia a abrasión y compresión), pero se logra una buena resistencia a la erosión hídrica.

Comparando los resultados entre los extremos de temperaturas (sin tratamiento térmico, 400 y 900 °C) se observan resultados prometedores, por lo que se puede afirmar que la ceramización a baja temperatura es una opción viable para incrementar la durabilidad de las pastas analizadas frente a la acción de distintos agentes ambientales. Sin embargo, si se comparan los resultados de las temperaturas entre 400, 500 y 900 °C, no se observa una mejora tal en la resistencia a erosión hídrica y resistencia a abrasión que justifique el gasto energético para llevar a cabo el proceso de ceramización a 900 °C.

Conclusiones

Los avances de este trabajo indican que es posible llevar a cabo una ceramización superficial in situ sobre un adobe con revoque de tierra utilizando resistencias eléctricas. Así mismo, el tratamiento térmico a bajas temperaturas (400 o 500 °C) es una opción viable para mejorar la resistencia a las inclemencias medioambientales de los revoques de tierra.

Los resultados obtenidos permitieron establecer cuáles son las formulaciones más adecuadas y los parámetros de proceso más ventajosos para la ceramización de mezclas con aplicación en revoques de tierra. Se puede determinar que es necesario que las mezclas presenten una curva granulométrica uniforme y que el contenido de materia orgánica sea mínimo. Las mezclas con mejor comportamiento fueron las realizadas con la tierra T1 y arena y las que contienen caolín y polvo de cuarzo como aditivo y agregado, respectivamente.

Referencias

- ASTM D7928 - 17 Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis, (2017).
- ASTM. (2017). D 2487 – 06 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). *Astm International*.
- IRAM. (2006). *1622:2006-11 Cemento pórtland. Determinación de resistencias mecánicas*.
- Norma IRAM 10501. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad., (2007).
- Magdoff, F. R., Tabatabai, M. A., Hanlon, E. A., Schulte, E. E., & Hopkins, B. G. (1996). *Estimation of Soil Organic Matter by Weight Loss-On-Ignition* (Vol. 049, Issue 46, pp. 21–31). <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub46.c3>
- NZA 4298. (1998). *New Zealand Standard: Materials and workmanship for earth buildings (NZS 4298: 1998)*. 1.
- Red Protierra Argentina. (2020). *Protocolo de ensayos sobre elementos constructivos para la construcción con tierra*. 1–42. <http://redprotierra.com.ar/2020/10/28/protocolos-de-ensayo-para-la-construccion-con-tierra/>
- Zuleta Roa, G. (2012). La Arquitectura en Tierra: una Alternativa para la Construcción Sostenible. *Hábitat Sustentable*, 1(1), 35–39. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/v1n1>