

El uso de la cal en la arquitectura histórica del estado de Hidalgo

The use of lime in the historical architecture of the state of Hidalgo

F. O. Lagarda García ^a, E. Lozada Amador  ^{a,*}, H. Garcia Ortiz  ^a, M. de R. Dolores Mijangos  ^a,
V. Rendón Hidalgo  ^a, M.A. Escamilla García  ^a,

^a Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

La cal desde épocas prehispánicas hasta prácticamente finales del siglo XIX, ha tenido diferentes usos en la arquitectura, desde los estructurales, constructivos, hasta los decorativos de pinturas y aplanados, así mismo como elementos de protección, tal es el caso de los impermeabilizantes. En este artículo se analizan las diferentes aplicaciones que se le dan a la cal, especificando que es la conservación del patrimonio edificado en donde mayor aplicación tiene, para después identificar algunos edificios en donde se ha utilizado, considerando solo un breve ejemplo de ellos por tipología desde inmuebles religiosos, civiles hasta los industriales, estos últimos, por el desarrollo de su economía a través de la minería en donde la cal jugó un papel preponderante para concretar y resolver las necesidades de las edificaciones.

Palabras Clave: cal, conservación, restauración, pintura, mortero

Abstract

Since pre-Hispanic times until almost the end of the 19th century, lime has had different uses in architecture, from structural and constructive uses to decorative uses such as painting and plastering, as well as protective elements, such as waterproofing. This article analyzes the different applications of lime, specifying that it is most widely used in the conservation of built heritage. It then identifies some buildings where it has been used, considering only a brief example by typology, from religious and civil to industrial buildings. The latter, due to the development of their economy through mining, lime played a leading role in specifying and solving the needs of buildings.

Keywords: lime, conservation, restoration, paint, mortar

1. Introducción

La cal como material de construcción ha sido utilizada desde hace siglos en todo el mundo, en el caso de México, no es la excepción, ya que se han encontrado vestigios que datan de la época prehispánica, específicamente en la zona maya, tal como lo mencionan Ortiz Ruiz et. al. (2021) al ubicar 2 hornos de cal excavados en el sitio de Tamanché, Yucatán. Villaseñor Alonso y Barba Pingarrón (2012) describen que el uso de la cal quedó plasmado en algunas estructuras vernáculas, donde se aplicaba a los muros mediante un recubrimiento de lechada de cal, al igual que en algunas construcciones de arquitectura doméstica del valle de Oaxaca y similar a la etapa 5 del templo

de la luna en Teotihuacán; así mismo mencionan que gracias a maestros caleros mayas, se ha logrado descifrar las prácticas de producción de la cal; una vez que se mezclaron las técnicas indígenas con las aportadas por los españoles, permitieron crear obras que van más allá de una edificación común, pasando a ser parte importante de la arquitectura vernácula, considerando en algunos momentos la falta del suministro de cal como lo menciona Moya Olmedo (2013) y la reventa a través de los atajadores de cal en la época Virreinal que eran personas que compraban la cal en las garitas provenientes de las caleras y la revendían a los maestros de obra y arquitectos a un precio más elevado (Archivo General de la Nación, 2020).

*Autor para la correspondencia: eloza@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: flagarda@uaeh.edu.mx (Francisco Omar Lagarda García), eloza@uaeh.edu.mx (Elizabeth Lozada Amador), hugo_garcia@uaeh.edu.mx (Hugo García Ortiz), mrdolores@uaeh.edu.mx (María del Rosario Dolores Mijangos), profe_7640@uaeh.edu.mx (Vicente Rendón Hidalgo), marco_escamilla@uaeh.edu.mx (Marco Antonio Escamilla García).

Historial del manuscrito: recibido el 13/08/2025, última versión-revisada recibida el 21/10/2025, aceptado el 26/10/2025, publicado el 05/12/2025. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v13iEspecial3.15696>



sin embargo, desde finales del siglo XIX con la proliferación de la industrialización y la aparición y desarrollo de nuevas tecnologías, fue decreciendo su uso a pesar de sus cualidades, (tales como la durabilidad, el comportamiento estructural y la belleza ornamental) aunado a que es más amigable con el medio ambiente que otros aglomerantes como el cemento portland.

En Hidalgo el uso y la producción de la cal, ha estado representada por los denominados maestros de la cal, que son artesanos que dominan el proceso de identificación de la piedra caliza, la producción y la preparación y aplicación de morteros, pinturas y revestimientos; conocimientos que datan desde el periodo virreinal, principalmente en la zona del valle del Mezquital (Tovar Camargo, 2021), donde la cal utilizada en templos, edificios civiles, industriales y habitacionales procedía de canteras y caleras locales, algunas de las cuales en la actualidad siguen en funcionamiento y gracias a los preservación de esos conocimientos técnicos, es que hoy tienen un espacio preponderante en la conservación del patrimonio edificado del estado; cabe señalar que en años recientes el uso de la cal se ha incrementado no solo en el ámbito de la restauración, pues a través de empresas como Oxical, se han llevado talleres a algunos estados a través del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, 2024), donde el objetivo es dar a conocer las ventajas del uso de la cal. Tomando como base estudios realizados de Pringopiulus (2024) el cual menciona la incorporación de “materiales naturales y puzolánicos, como metakaolina, ceniza de cáscara de arroz y ceniza volcánica, han llamado la atención por su capacidad para mejorar la viabilidad, resistencia y durabilidad de los morteros de cal”.

En este artículo se analiza el uso que ha tenido la cal en la arquitectura del estado de Hidalgo considerando algunas edificaciones como ejemplo, ya que hablar de todas las construcciones requeriría analizar 2199 Monumentos históricos, 1118 Conjuntos arquitectónicos y 1 bien inmueble con valor cultural reconocidos en el estado, sin contar con aquellos que no se encuentran catalogados en diferentes tipologías de edificaciones (INAH Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles, 2025).

2. Metodología

Para el desarrollo de este artículo se utilizaron dos enfoques de tipo cualitativo y descriptivo, orientado hacia aspectos técnicos e históricos en la arquitectura referentes al uso de la cal, considerando diferentes tipologías de edificaciones en una parte específica del estado de Hidalgo.

La investigación se centra en 3 fases esenciales, la primera corresponde a la revisión documental y bibliográfica en fuentes especializadas, entidades gubernamentales, libros y artículos de revista con información técnica e histórica del uso y aplicación de la cal, para posteriormente clasificar las edificaciones en tipologías que permitieran realizar un estudio de campo con la finalidad de identificar la información obtenida y corroborar datos técnicos, para finalmente clasificar la información en dos categorías, los usos originales de la cal a través de los procesos constructivos, el uso actual en la conservación y restauración de las edificaciones originales

para que de forma descriptiva resalten los elementos técnicos que permitan entender la importancia que tienen en la historia del estado.

3. Usos de la cal en la construcción

La cal como material, cuenta con una versatilidad que le permite desempeñar distintas funciones, ya sea desde el punto de vista estructural, constructivo u ornamental, así como el grado de calidad y pureza, tomando en cuenta que la cal con más alta pureza se utiliza comúnmente en aplazados, enlucidos y morteros (con contenido de hidróxido de calcio del 95%), el cual al ir disminuyendo su concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ puede provocar deterioro acelerado, absorción de agua e incluso fragilidad (75% de hidróxido de calcio) en los elementos donde se aplica (Navarro Mendoza, et. al., 2023). Es importante aclarar de forma sintetizada cómo se obtiene la cal: 1) comenzando con la extracción en las canteras del carbonato de calcio, 2) triturando hasta obtener un tamaño de piedra homogéneo, 3) llevarlo a un horno para calcinarla a 900° C, con el objetivo de liberar en la atmósfera el CO_2 y 4) obtener el óxido de calcio conocido como cal viva, teniendo la opción de hidratarla para obtener hidróxido de calcio o cal apagada (Loc. Cit.); para esta investigación, se plantean dos clasificaciones en cuanto al uso, la primera tomando en cuenta el uso normal en edificaciones antiguas como parte del proceso constructivo empleado y la segunda corresponde a aquellos usos en la conservación y restauración de edificaciones antiguas.

3.1 Usos como parte del proceso constructivo

La cal es un material fundamental en los procesos constructivos utilizados en las edificaciones antiguas, dadas sus características físicas y químicas. Es un elemento utilizado como parte de la superestructura, acabados e incluso en la cimentación y estabilización de suelos, por lo cual a continuación se explica el uso en cada uno de ellos.

3.1.1 Revestimientos.

La mezcla de arena y cal para formar morteros capaces de servir como revestimiento en las superficies en donde se aplica, permiten la protección y vista, tal como lo menciona el manual de Oxical de Soledad Carvajal (2017). Estos pueden contar con agregados como arena, arcillas, arena de tezontle, marmolina, tepetzil, grava, tepetate, saskab*, e incluso extractos de origen vegetal como mucilagos de las cactáceas, nopal o el chukum entre otros, capaces de acelerar o endurecer las mezclas según menciona Martínez Bareiro (2020).

El uso de morteros de cal como revestimiento obedece como lo refiere Robador González (2002), a que las edificaciones en la antigüedad tomaban un largo periodo en su construcción y al ser edificados en piedra, en algunas ocasiones, la dureza y características del material pétreo era escogido, de tal suerte que se facilitara su manejabilidad al labrado, lo que ocasionaba que antes de terminarse, la degradación en algunas partes apareciera, lo que obligaba a recubrir las superficies expuestas con finas capas de morteros

* Significa tierra blanca

de cal, considerando que su uso, permite que la estructura “respiré”, evitando problemas de humedad. (Paralkar, 2024)

En el gráfico 1 se observa la fachada lateral de la capilla de Santa Catarina, ubicada en el poblado del mismo nombre; por lo que se puede observar, es muy probable que este edificio haya estado recubierto por una capa de enlucido de cal, sin embargo, la pérdida de este también ha significado un problema toda vez que la protección que pudo brindar en su momento ante los agentes externos, ya no existe y el proceso de deterioro se aceleró.



Gráfico 1 Fachada lateral donde se observan columnas de concreto armado formando un anillo estructural en la capilla de Santa Catarina, fuente ELA 2021

3.1.2 Morteros para pegar mampostería

Los morteros de cal para pegar mampostería pueden ser elaborados con cal aérea o hidráulica, arena y agua, utilizándose para unir piedra, tabique o bloques, una de las ventajas que se presentan es que el mortero permite cierta flexibilidad en la estructura y evita fisuras, así como compatibilidad con los materiales a unir.

Su función principal es la de transferir esfuerzos y asegurar la estabilidad de la estructura al cohesionar a los materiales que une, de acuerdo a Navas Carro y Acón Villalobos (2015) el uso del mortero de cal brinda mayor trabajabilidad y plasticidad cuando se utiliza en procedimientos de pega de materiales pétreos o bloques, aumentando el contacto entre las partículas en el agregado fino, además mediante el proceso químico conocido como carbonatación, se van auto sellando las grietas pequeñas con el paso del tiempo.

De acuerdo a lo descrito por (Galván Ruiz, 2011) “El endurecimiento por carbonatación se produce cuando el contenido de humedad ha disminuido lo suficiente y el Ca(OH)_2 ^{*} reacciona con el CO_2 [†] del aire formando CaCO_3 [‡]

3.1.3 Consolidación de suelos

La cal utilizada como una capa para aislar humedades y sales que pueda servir de base para elementos estructurales en la plantilla, también puede aplicarse para consolidar

pavimentos de tierra, en cimentaciones, tiene su principal función en la estabilización de suelos, teniendo como ventaja que incrementan la resistencia a la humedad así como la capacidad de carga (Guerrero Baca & Uviña Contreras, 2020), de la misma forma, mezclando la cal con el material producto de la excavación, es posible utilizar el suelo que se encuentra en el lugar sin la necesidad de extraer y comprar material mejorado (Navarro Mendoza, et. al., 2022).

Desde 1952, se han realizado estudios en los Estados Unidos con la finalidad de determinar el comportamiento de los suelos estabilizados con cal y cómo deben ser utilizados en la construcción, dichos análisis van desde la compactación, resistencia y trabajabilidad (Pérez García & Pérez Salazar, 2019)

3.1.4 Enlucidos

Definido como un revestimiento realizado con mortero tradicional a base de cal de alta pureza, que permite ser utilizado como un acabado para muros o techos que tiene como característica principal que es un material sostenible pues se elabora con ingredientes naturales, que al ser un proceso dinámico, permite que una vez fraguado continúa interactuando con el medio ambiente (Holmes & Wingate, 1997), así mismo la cal ofrece transpirabilidad y se puede utilizar en procedimientos de construcción y al ser compatible con los procesos originales de edificación, se utiliza también en trabajos de restauración.

El enlucido de cal puede ser utilizado como revestimiento o acabado decorativo tanto en la parte interior como exterior de inmuebles al ser un acabado fino y liso se puede aplicar después del aplanado en una capa más ligera sobre mampostería de piedra o tabique.

3.2 Usos en la conservación y restauración

La cal como material para restauración o conservación de inmuebles, es indispensable en los trabajos donde se realizan intervenciones en edificaciones históricas considerando los usos anteriormente descritos, pero adicionando aquellos que funcionan específicamente para la restauración de inmuebles.

3.2.1 Mortero de asiento

Este tipo de mortero generalmente se utiliza para la elaboración y rehabilitación de elementos estructurales de mampostería en edificaciones históricas. Las características plásticas de este cementante contribuyen a mejorar su comportamiento estructural, mejorando su ductilidad, lo cual incrementa su capacidad para soportar ligeros movimientos diferenciales de las edificaciones históricas, (Soledad Carbajal, 2017).

El uso del mortero de asiento en la restauración de muros de edificaciones históricas, bajo ciertas circunstancias mejora la capacidad de deformación de la estructura, evitando la adición de refuerzos de concreto reforzado, los cuales no siempre ayudan a la conservación de estas edificaciones.

De acuerdo a Guerrero (2013), los morteros de cal han servido para la preservación de edificaciones históricas, dado

* Hidróxido de calcio

† Dióxido de carbono

‡ Carbonato de calcio

que derivado del fenómeno de carbonatación del hidróxido de calcio, se forman una serie de cristales que fungen como liga entre el material principal (piedras, tabiques o bloques) y los aglomerados (arena, tierra u otro material que se utilice para tal fin) propiciando un trabajo de forma unificada.

3.2.2 Pinturas a base de cal, aplanados e impermeabilizantes

El resultado del procedimiento de apagar la cal viva, deriva en la cal apagada que si se mantiene hidratada (con un espejo de agua para evitar que entre en contacto con el aire), la pasta que se genera puede utilizarse para la fabricación de morteros y aplanados al mezclar con diferentes aglomerados, utilizando las granulometrías requeridas para el uso que se le vaya a dar (Orea Magaña, 2013).

La pasta de cal obtenida al diluirla en agua e incorporarle mucílago de nopal o de alguna goma natural de plantas o de las cortezas de árboles permite la elaboración de la pintura a la cal a la cual se le pueden incorporar pigmentos minerales que permiten generar colores a la pintura (Orea Magaña, 2013). La cal en forma de pasta no solo se puede utilizar para pintura, ya que también se puede emplear según menciona Soledad Carbajal (2017) para restauración de pintura mural, enlucidos*, bruñidos†, inyecciones de grietas u oquedades, juntas, rellenos de fisuras, relieves, resanes, ribetes, aplanados, estucados y reintegración volumétrica.

Derivado de las características que presenta la cal como material que tiene la capacidad de sellado, impidiendo el paso del agua, aunado a que puede acoplarse a los materiales originales en una edificación antigua, puede ser utilizado como impermeabilizante cuando se combina con agua limpia, alumbre, jabón y aditivos naturales (Soledad Carbajal, op. cit. p.23), tomando en cuenta que si se utiliza cal aérea para su elaboración, la acción del sol, la presencia del CO₂ en el ambiente y el paso del tiempo, es la combinación ideal para que la mezcla vaya obteniendo mayor dureza y adicionalmente a ello, como ya se mencionó, permite sellar huecos o fisuras que en su momento se formaron.

3.2.3 Agua de cal

Según refiere Miletto (2018) el agua de cal se puede hacer considerando una mezcla muy diluida de cal y agua la cual puede aplicarse y utilizarse para consolidar la superficie de muros, ya que, por la baja concentración del material, se puede percibir como transparente, pero sirve de protección al acabado intermedio y casi no modifica el tono original.

3.2.4 Inyección de grietas y fisuras

Se puede definir la inyección como la técnica que se utiliza para consolidar un elemento mediante la introducción de un fluido para mejorar las condiciones de cohesión interna. (Bell, 2012)

De acuerdo a las características que pueden presentar los elementos arquitectónicos dañados en una construcción ya sea por el deterioro de los morteros aplicados y el movimiento de

que van sufriendo los materiales pétreos, se pueden llegar a utilizar inyecciones a base de cal hidráulica‡ o aérea§, por lo que es recomendable realizar pruebas y ensayos con diferentes tipos de cal para determinar cuál es la mejor opción para realizar la inyección, dado que una vez realizada, prácticamente resulta imposible el realizar algún cambio.

4 Tipologías de construcciones

En el estado se puede encontrar diferentes tipologías de edificaciones a lo largo de la historia, sin embargo, en este caso solo se centra en la descripción de las más representativas como lo son los inmuebles religiosos, los industriales por su pasado minero, los inmuebles civiles que engloban las casas habitación y la arquitectura vernácula presente en todo el estado, así como las obras de ingeniería que están enfocadas principalmente a la recolección y distribución del agua, atendiendo la clasificación formulada por el Dr. Lorenzo Monterrubio et. al. (1998), los ejemplos presentados, corresponden a la región I, Atotonilco el Grande, Tepeapulco y Zempoala entre otros, así como la región III con el municipio de Actopan.

4.1 Inmuebles religiosos

En este tipo de arquitectura es donde se puede encontrar el mayor uso de la cal, en diferentes formas, desde pequeñas capillas, parroquias e iglesias, hasta llegar a los conventos. En Hidalgo suman 32 edificaciones conventuales, pertenecientes a dos órdenes religiosas que ingresaron en el estado en el siglo XVI, 12 pertenecen a los franciscanos y 20 a los agustinos, (Velázquez Fernández, 2015) específicamente en ellos, es posible apreciar la mayor cantidad de ejemplos respecto a su aplicación, ya sea como elemento de unión, estructural, ornamental, pintura y protección, tal es el caso del ex convento de San Nicolás Tolentino en Actopan Hidalgo que empezó a edificarse en el siglo XVI y es hasta el siglo XIX cuando se termina, en donde lo que más destaca por su belleza es como lo describe Wilford Nava Townsend (2022) la bóveda de cañón con casetones cónicos de traza entre circular y octagonal, se entrelazan en una malla con hexágonos ligados en cuyo interior se dibuja una flor. (ver gráfico 2) como lo expone Velázquez Fernández (Ibid. 2015, p.37) y las pinturas murales localizadas en la portería y en el cubo de escalera principalmente con la técnica monocromática de grisalla (INAH, 2023) (ver gráfico 3) técnica habitual en el siglo XVI, según von Wobeser (2018), los pigmentos utilizados para realizarla se obtenían al carbonizar vegetales y, por lo tanto, eran de fácil acceso y baratos. Con ellos se obtenían tonos graduados de negros y grises, que destacaban sobre las paredes encaladas y que servían como parte importante para relatar a través de la pintura, algún pasaje o enviar un mensaje a los usuarios de las edificaciones, estos frescos representan a personajes de la orden agustina (Lorenzo Monterrubio, et. al., 1993)

Otro de los ex conventos de origen Agustino, se encuentra consagrado a San Agustín en Atotonilco el Grande, que data

* Revestimiento que se utiliza en espacios en donde la humedad es constante

† Revestimiento que busca un acabado pulido, liso y brillante

‡ Tipo de cal que puede endurecer en presencia de aire o bajo el agua, se utiliza para morteros de tipo estructural

§ Tipo de cal que requiere de dióxido de carbono para su endurecimiento (CO₂)

igualmente del siglo XVI y en el que los trabajos en cal se pueden observar principalmente en los aplanados y en las pinturas, en específico en el cubo de la escalera (ver gráfico 4), donde la iconografía dedicada a la vida de San Agustín

predomina, así como una serie de orlas* representadas por filósofos como Sócrates, Platón y Aristóteles y en otras aparecen Pitágoras, Séneca y Cicerón (Soberanes Romero, 2007), pero no solo en este lugar se aprecian pinturas, pues en pasillos se han encontrado restos de pintura mural, en mal estado.

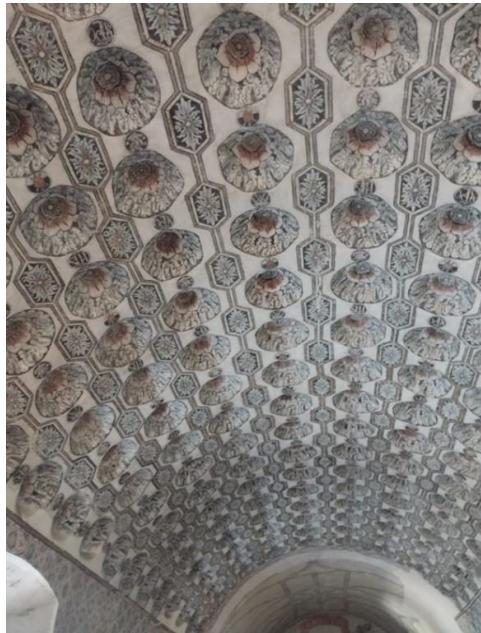


Gráfico 2 Refectorio Ex convento de San Nicolás Tolentino,
fuente FOLG

Por el lado de la conservación, se ha hecho necesaria también al igual que en otras construcciones religiosas, el uso de otras de las aplicaciones de la cal en forma de inyecciones para consolidar elementos estructurales como muros y cubiertas que presentan deterioro causado por la disgregación del material original ante la falta de mantenimiento, factores externos o por el simple paso del tiempo.

Estas inyecciones se llevan a cabo también en la consolidación de aplanados con la idea de conservar aquellas partes que por causa de humedad presentan un determinado peligro de desprendimiento.



Gráfico 4 Cubo de escalera Ex convento de San Agustín en
Atotonilco el Grande, fuente ELA



Gráfico 3 Cubo de escalera Ex convento de San Nicolás Tolentino, fuente FOLG

4.2 Inmuebles industriales

La historia de la minería en Hidalgo proviene desde el siglo XVI con la llegada de los españoles, manteniendo un dominio hasta principios del siglo XIX, cuando ingresan las empresas inglesas y posteriormente las estadounidenses (Saavedra Silva, 2007) y es gracias a ellos que la riqueza arquitectónica en el estado, se encuentra aún presente hasta nuestros días, actualmente con el reconocimiento de la Comarca Minera en Hidalgo que como se refiere en el Periódico Oficial del estado de Hidalgo (2020), consta de restos de minas, haciendas de beneficio, depósitos, talleres y maestranzas, tiros, túneles, caminos, subestaciones hidráulicas y eléctricas, siendo las mencionadas, en las que se encuentran los vestigios del uso de la cal como elemento fundamental en la construcción, especialmente en el aspecto constructivo y estructural, principalmente de morteros de asiento para construir los muros que sostienen las edificaciones (ver gráfico 5).

Derivado de la producción minera de la plata esencialmente, no solo se contemplan las minas como La Rabia, Dolores, Acosta, Corteza (Lozada Amador, 2021) y Camelia, con sus inmuebles inmediatos a las como son la chimenea, sala de calderas y casa Cornish refiriendo a las

* Elementos decorativos

minas que utilizaron tecnología de vapor pues también se requirieron haciendas de beneficio y molienda como Sánchez, Velasco, San Miguel y Regla por mencionar a algunas (Saavedra Silva, 2007)



Gráfico 5 Composición de muro en mina Camelia de Pachuca de Soto Hidalgo, fuente FOLG

4.3 Inmuebles civiles

Las edificaciones civiles en el estado de Hidalgo datan del siglo XVI, considerando específicamente en el uso habitacional y con inmuebles de mayor tamaño, que han revestido gran importancia en la historia de Hidalgo a partir del siglo XVIII, sin tomar en cuenta la arquitectura religiosa ya que se analiza en otro apartado.

Ubicando las edificaciones civiles, aún quedan ejemplos, tal es el caso de Las Cajas Reales construidas en 1676 para recaudar el quinto real y controlar la venta de azogue y de mercurio y que desgraciadamente en la actualidad se encuentra en total abandono, fueron edificadas en la tercer década del siglo XIX y destinadas a ser las oficinas de la Compañía de Aventureros en las Minas de Real del Monte y que hoy su uso ha sido reconvertido para dar cabida a la escuela primaria Justo Sierra, la Casa Rule, edificada en 1896, para ser en la planta baja oficinas administrativas y casa habitación en la planta alta y que en la actualidad funge como la Presidencia Municipal de Pachuca de Soto Hidalgo, las Cajas de la Compañía y Cooperativa Minera San Rafael y Anexas, levantada en 1874, fugiendo como oficinas y casa habitación, actualmente es el Archivo Histórico y Museo de Minería, Asociación Civil, Hospital San Juan de Dios construido en 1725 y que actualmente es el edificio sede de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela y Templo Metodista, construidas entre 1877 y 1900 que conservan su uso original (AHMMAC, 2023).

Respecto a las construcciones de tipo habitacional, las primeras aunque no se cuenta con el dato preciso, debieron estar construidas principalmente de tierra apisonada y adobe (Guerrero, 2013), pues el costo de la cal era muy elevado al

inicio de la llegada de los españoles, derivado también de que la mayor producción se utilizaba en la capital de la Nueva España (Kubler, 1984), sin embargo con el paso del tiempo se pueden encontrar ejemplos en casas habitación que datan del siglo XIX en Pachuca de Soto, específicamente en los barrios altos (ver gráfico 6), en donde el uso de la cal, al igual que en los edificios más importantes se centra en la aplicación de morteros de asiento, aplanados y pintura a la cal en diversas tonalidades.



Gráfico 6 Composición de muro en casa habitación en barrios altos de Pachuca de Soto Hidalgo, fuente Arq. Marco Antonio Díaz Cortés

4.4 Obras de ingeniería

La utilización de la cal no aplica solo a la arquitectura, también se utiliza en construcciones de tipo civil tal como los acueductos que en su momento abastecieron de agua a distintas poblaciones y de las cuales, mediante el mortero de asiento, permitieron dar forma a las arcadas y una serie de elementos necesarios para su conducción, tal como se puede observar en el acueducto del padre Tembleque (ver gráfico 7), construido entre 1553 y 1571 (Gómez Arriola, 2020), conformado por manantiales de agua, macizos de piedra a manera de muros, columnas, cajas de agua, abrevaderos, aljibes, apantles, tuberías de cerámica y puentes (Hernández Ortega, 2016) , y en donde para su construcción fue necesario:

el uso de recoger arena de lechos de arroyos cercanos, trasladar cal desde sitios lejanos, quemar y apagar la cal viva, quebrar y arrastrar piedra desde las canteras, cortar piedra para formar dovelas y sillares esquineros, abrir cepas para las pilas de piedra y, para concluir el proceso, organizar las cuadrillas para el pegado y construcción de la mampostería (Gómez Arriola, op. cit. p.23).

De la misma forma se tiene el acueducto y la caja de agua de Tepeapulco, construidos entre 1541 y 1545 por los frailes franciscanos, en donde el sistema de mampostería de cal y canto se puede observar, como un sistema constructivo generado por los españoles en conjunto con los indígenas naturales al combinar la arena de tezontle o de río, con cal

apagada con mucílago de nopal o aguamiel, tal como lo menciona Camarena Villaseñor (2022) (ver gráfico 8)



Gráfico 7 Acueducto del Padre Tembleque, fuente ELA



Gráfico 8 Caja de agua de Tepeapulco, fuente ELA

Otro de las construcciones civiles que se puede observar en Hidalgo es el denominado "Acueducto de la Media naranja", construido entre los siglos XVII y XVIII obra que tiene su inicio en el parque nacional de El Chico y termina en las inmediaciones de la ciudad de Pachuca (Vergara Vergara, 2022) dicha construcción recolecta agua de varios manantiales y consta:

de dos cajas construidas con mampostería de piedra volcánica juntadas con mortero de arena y cal, estas las une un canal del mismo material tapado con una bóveda semicircular con una distancia de 70 mts. de longitud por 90 mts., en este punto se pierde el acueducto y aparece 100 metros más adelante para llegar a la caja derivadora tapada con una cúpula redondeada que semeja una media naranja y de allí surge el nombre. (POEH,2023).

5 Conclusiones

La uso de la cal en el estado de Hidalgo, así como en el resto del mundo, se centra en la conservación de edificaciones históricas, ya que estas construcciones se han ido degradando con el paso del tiempo y el descuido de los propios usuarios; como ya se ha visto, la cal tiene diferentes aplicaciones, pero su utilización como pintura, tal vez es la forma actualmente con mayor uso, ante la opción de conservación, que ofrece, se llega a aplicar en finas capas, sin embargo se debe cuidar la dosificación y la calidad correcta pues puede ser que los resultados no sean los esperados.

En la actualidad, la cal ha perdido desde hace más de un siglo el lugar que algún día ostentó, derivado de la aparición del cemento portland y las aparentes ventajas que supone un fraguado más rápido o la serie de aditivos que se le han incorporado al concreto y que permiten generar una serie de características que resultan ser más atractivas para las construcciones actuales, sin embargo para las edificaciones históricas y su posterior conservación, el uso de la cal es preponderante porque provee también una serie de ventajas que permiten posicionarse por encima de cualquier otro material al mantener la estructura de forma original porque como ya se ha visto, los recubrimientos de cal cuentan con la capacidad de permitir "respirar" al muro, eliminando la humedad, por lo cual evita el salitre, así mismo, los morteros elaborados con cal incrementan la ductilidad de los elementos estructurales lo que generara un mejor comportamiento estructural ante cargas laterales ayudando a soportar ligeros asentamientos diferenciales del terreno evitando que el agrietamiento aparezca fácilmente, a diferencia del uso del cemento, otro de los puntos por los cuales la cal representa una ventaja respecto a otros materiales es la compatibilidad con los materiales originales resultado de que haya sido un material accesible, disponible y con características propias para la construcción, sin olvidar sus características alcalinas que ayudan a evitar la formación de hongos y bacterias en ambientes específicos.

En el estado de Hidalgo existen aún, diferentes tipologías de edificaciones que se pueden rescatar del olvido y su consecuente degradación a través del uso y aplicación de la cal en sus diferentes modalidades, siguiendo los procedimientos correctos que por el desuso en algunas zonas se han ido perdiendo o se han querido sustituir por nuevas técnicas y tecnologías que no son acordes con los inmuebles y generan resultados adversos, sin olvidar que en la actualidad no solo se utiliza la cal en la conservación, pues en la bioconstrucción a través de aplazados y pinturas naturales se comienza a utilizar al considerar las características físicas y químicas del material.

Referencias

- Archivo General de la Nación. (6 de diciembre de 2020). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agn/articulos/los-atajadores-de-cal-de-la-ciudad-de-mexico-los-revendedores-de-cal-de-la-epoca-virreinal?utm>
- Archivo Histórico y Museo de Minería A.C. (AHMMAC). (s/f). *Turismo cultural en sitios de patrimonio minero*. Obtenido de <https://www.rutadelaplata.org/monumentos-civiles-pachuca.html>

- Bell, O. C.-L.-T. (2012). *La inyección de cales en la consolidación de fábricas*. España: Diputación Folral de Ávila.
- Camarena Villaseñor, S. (2022). El acueducto y la Caja de Agua de Tepeapulco. *OCARINAH Boletín del Centro INAH Hidalgo*, 13-15.
- Galván Ruíz, M. y. (2011). Cal, iun antiguo material como una renovada opción para la construcción. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 93-102.
- Gómez Arriola, L. (2020). El complejo hidráulico del Acueducto del padre Tembleque, a cinco años de su inscripción en la lista de patrimonio mundial. *Hereditas*, 16-33.
- Guerrero Baca, L., & Uviña Contreras, F. (2020). Integración de tierra y cal en restauraciones arquitectónicas. *Gremium*, 137-150.
- Guerrero, L. (2013). La cal y los sistemas estructurales. En L. y. Barba Pingarrón, *la cal, historia, propiedades y usos* (págs. 47-70). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández Ortega, P. (2016). El Acueducto del padre Tembleque, La más grande obra construida en la Nueva España. *Relatos e historias en México*(91).
- Holmes, S., & Wingate, M. (1997). *Building with lime*. Inglaterra: ITDG Publishing.
- INAH. (2023). *Mediateca INAH*. Obtenido de http://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/museo%3A1528
- INAH Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles. (17 de 09 de 2025). *Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles*. Obtenido de <https://catalogonacionalmhi.inah.gob.mx/consultaPublica#contadores>
- Instituto Nacional de Antropología e Historia . (15 de mayo de 2024). *Secretaría de Cultura*. Obtenido de <https://www.inah.gob.mx/boletines/el-centro-inah-zacatecas-capacita-en-el-uso-de-la-cal-para-la-conservacion-del-patrimonio?utm>
- Kubler, G. (1984). *Arquitectura mexicana del siglo XVI*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lorenzo Monterrubio, A., & Lorenzo Monterrubio C. y Vergara Hernández, A. (1993). *Catálogo del patrimonio Cultural del Estado de Hidalgo, Tomo III*. México: Instituto Hidalguense de la Cultura.
- Lorenzo Monterrubio, A., Lorenzo Monterrubio, C., & Vergara Hernández, A. (1998). *Catálogo del Patrimonio Cultural del Estado de Hidalgo, Región I, tomo 2*. México: Consejo Estatal para la Cultura y las Artes.
- Lozada Amador, E. y. (2021). Reconocimiento y reutilización del patrimonio industrial para su conservación. Casas de máquinas Cornish en Pachuca y Real del Monte Hidalgo, México. *Intervención*, 176-198.
- Martínez Barreiro, M. y. (2020). Uso tradicional de morteros con chucum en la península de Yucatán, México. *Journal of Traditional building, Architecture and Urbanism*, 498-508.
- Miletto, C. V.-M. (2018). Maestros de la cal. *Red nacional de maestros de la construcción tradicional*, 6-32.
- Moya Olmedo, M. (2013). Algo viejo, algo nuevo, algo prestado: La construcción de Nueva España en el siglo XVI. *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pág. 747 a 756). Madrid: Instituto Juan Herrera.
- Navarro Mendoza, E., Alonso Guzmán, E., & Ayala Ortega, L. y. (2022). Cal química para estabilización de suelos arcillosos. *Cal química para estabilización de suelos arcillosos*. Cuba: ProTerra.
- Navarro Mendoza, E., Alonso Guzmán, E., Sánchez Calvillo, A., Bedolla Arroyo, J., Becerra Santacruz, R., Navarro Ezquerro, A., . . . Martínez Molina, W. (2023). Physical and Mechanical Characterization of Lime Pastes and Mortars for Use in Restoration. *Heritage*, 2582-2600. doi:<https://doi.org/10.3390/heritage6030136>
- Navas Carro, A. y. (2015). Influencia de la cal en el mortero para pega de bloques. *Ingeniería*, 3-20.
- Orea Magaña, H. (2013). El uso de la cal en la conservación de los monumentos arqueológicos e históricos: de la teoría a la práctica. En I. Barba Pingarrón L. y Villaseñor Alonso, *La cal: historia, propiedades y usos* (págs. 139-158). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ortiz Ruiz, S., G. de Lucio, O., Goguitchaichvili, A., Morales, J., Paz Rivera, D., Góngora Salas, A., . . . Barba Pingarrón, L. (2021). Tamanché (Yucatán) a través del análisis arqueométrico de sus hornos de cal. *Arqueología Iberoamericana*, 53-62.
- Paralkar, V. &. (2024). Moisture buffering and mould growth characteristics of naturally ventilated lime plastered houses. *UCL OPEN Environment*. doi:[10.14324/111.444/ucloe.1988](https://doi.org/10.14324/111.444/ucloe.1988)
- Pérez García, N., & Pérez Salazar, A. y. (2019). *Evaluación del óxido de calcio (estabilizador) como estabilizador de suelos*. Querétaro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Periódico Oficial del Estado de Hidalgo (POEH). (2023). *Acueducto de la Media Naranja*. Pachuca de Soto, Hidalgo: Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo. Recuperado el 17 de 09 de 2023, de <https://datos.pachuca.gob.mx/sipot/1/PDFS/D-43-Patrimonio-Acueducto-Media-Naranja-2023.pdf>
- Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. (2020). *Decreto gubernamental por el que se declara Patrimonio Cultural tangible de los hidalguenses a los sitios asociados a la tragedia de la mina El Bordo sucitada el 10 de marzo de 1920 en la comunidad del mismo nombre en el municipio de Pachuca de Soto, Hgo*. Pachuca de Soto: Gobierno del estado de Hidalgo.
- Pringopoulos, T. A., Thomoglou, A., Fantidis, J., Thysiadou, A., & Metaxa, Z. (2024). Advancend Lime Mortars for Historical Architectural Structures. *Engineering proceedings*, 58-65. doi:<https://doi.org/10.3390/engproc2024070058>
- Robador González, M. (2002). Tradición y actualización en la protección de la arquitectura de piedra con finas capas de mortero de cal. *Revista de edificación*, 41-51.
- Saavedra Silva, E. y. (2007). Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX. *Investigaciones gráficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*, 82-101.
- Soberanes Romero, M. (2007). *Rehabilitación del ex convento de San Agustín para un museo de sitio, en Atotonilco El Grande, Hidalgo*. México: UNAM .
- Soledad Carvajal, M. C. (2017). *La cal de alta pureza en la conservación*. Puebla. Obtenido de www.oxical.mx
- Velázquez Fernández, J. (2015). *Conservación, restauración y adecuación. Ex convento de San Nicolás Tolentino, Actopan, Hidalgo*. México: UAM Azcapotzalco.
- Vergara Vergara, J. (2022). ¿Sabías qué? El acueducto de pachuca. Una obra hidráulica de los siglos XVII y XVIII. *OCARINAH Boletín del Centro INAH Hidalgo*, 8-12.
- Villaseñor Alonso, I., & Barba Pingarrón, L. (2012). Los orígenes tecnológicos de la cal. *Cuicuilco*, 11-41.
- von Wobeser, G. (2018). Nuevas miradas sobre los murales del convento agustino de Malinalco. Nueva España, siglo XVI. *Cuadernos Inter.cambio sobre Centroamérica y el Caribe*, 15(2), 1-25. doi:<https://doi.org/10.15517/c.a..v15i2.34638>
- Wilford Nava Townsend, J. (26 de 7 de 2022). *Arquine*. Obtenido de <https://arquine.com/san-nicolas-tolentino-actopan-y-las-8-horas-de-san-benito/>