

## **SOSTENIBILIDAD DE LA LUMINOSA CAL EN LA ARQUITECTURA**

**<sup>1</sup>Robador González, María Dolores**

**<sup>1</sup>Departamento de Construcciones Arquitectónicas II Avda. Reina Mercedes, 4, 41012,  
Sevilla**

**e-mail: lolarobador@us.es**

### **RESUMEN**

El concepto de sostenibilidad hoy está presente en el ámbito del discurso contemporáneo, tanto en la intervención en el patrimonio histórico como en la nueva arquitectura.

Aplicar el término sostenible a la arquitectura nos lleva a la “optimización” en el proceso creativo de la forma y al productivo, en el campo de los recursos humanos, naturales y materiales, para la construcción.

La sabia conjunción de la sostenibilidad, desde el material, la construcción y la forma, será la que aporte la auténtica sostenibilidad de la arquitectura. En el estudio y definición de los materiales sostenibles es donde descubrimos el alto valor que posee la noble cal y sus materiales derivados: encalados, morteros, estucos, etc. Definimos material sostenible como aquél que tiene un mínimo consumo energético en su extracción, fabricación, transporte, ejecución en obra y mantenimiento, para unas prestaciones constructivas, técnicas y estéticas durante su vida útil, y posibilidad de reutilización o recuperación con mínimos consumos energéticos y, en su caso, mínimos o nulos residuos tóxicos. Y así es, la cal, correctamente empleada, cumple todos estos requisitos y otros muchos más permitiéndonos disponer de un valiosísimo material de construcción.

Se destaca de la cal su abundancia como materia prima, su fácil puesta en obra, su gran durabilidad, manteniendo sus prestaciones técnicas, constructivas y estéticas durante su gran vida útil. También son importantes sus propiedades térmicas, plasticidad, transpirabilidad, su aminoración del cambio climático, despolucionando, no genera ni contiene productos tóxicos y fácilmente se recicla. Destaca su aplicación en restauración, para consolidar y proteger otros materiales como son la piedra o la cerámica y en los importantes revestimientos de la arquitectura contemporánea. Es en los revestimientos continuos donde da singular respuesta a las intenciones arquitectónicas, con morteros de cal, estucos y jabelgas, suaves texturas, colores delicados o fuertes, luces intensas, aguas maravillosas, haciendo que la arquitectura, como la vida, pueda ser en blanco y negro o en colores luminosos.

**Keywords:** cal, morteros, estucos, durabilidad, descontaminación.

## 1.- La cal

Mies decía que había que guiar a los estudiantes “... a través del disciplinado camino de los materiales, más allá de los fines, hasta la formalización. Queremos guiarles hasta el sano mundo de las construcciones primitivas, allí donde cada hachazo significaba algo, y donde un golpe de escoplo era una auténtica declaración... los nuevos materiales no nos aseguran una superioridad, cada materia sólo vale lo que hacemos con ella, queremos por tanto conocer su esencia,... Queremos un orden que dé a cada cosa su sitio, y queremos darle a cada cosa lo que le corresponde según su esencia. Queremos hacerlo de modo tal, que el mundo de nuestras creaciones comience a florecer desde su interior.”[1]

Hablar de autenticidad en la sostenibilidad de la arquitectura nos lleva en una de sus vertientes a su condición material, al empleo de materiales que cumplan esta cualidad. Uno de los materiales que da íntegra respuesta es la luminosa cal y todos los materiales de ella derivados: pastas, morteros y hormigones de cal. A continuación se irá desgranando la definición de material sostenible y exponiendo los porqués del cumplimiento de todos los requisitos por parte de la cal, de acuerdo a su esencia.

La noble cal, hidróxido cálcico, que se unirá al anhídrido carbónico de la atmósfera transformándose en carbonato cálcico, ha sido durante siglos material integrante e imprescindible en la construcción, en parte desaparecida ante el empuje de los nuevos materiales, principalmente el cemento y productos procedentes de la industria de los polímeros. En el caso del cemento, al emplearlo en restauración y en revestimientos en intervenciones en patrimonio histórico y en nueva arquitectura, en sus resultados no se aprecia mejora sustancial, con respecto a los revestimientos de mortero de cal. Al igual ocurre en el empleo de productos derivados de los polímeros en restauración, que frecuentemente producen efectos nocivos. Y todo esto tiene mucho que ver con la sostenibilidad.

La eficiente cal posee grandes propiedades: abundancia, fácil fabricación, fácil pigmentación, luminosidad, plasticidad antes y después de fraguar, manejabilidad, adherencia a variedad de soportes, variedad de trabajos ornamentales, impermeabilidad natural, transpiración, endurecimiento al paso el tiempo, no agresividad a hierro y madera, aislamiento térmico, protección de superficies, economía y durabilidad. Disminuye el cambio climático, contribuye a la mejora medioambiental y realiza equilibrio con la naturaleza (1 kilo de cal aplicado elimina 150 gramos de CO<sub>2</sub>).

Los revestimientos a la cal históricamente han permitido plasmar la idea arquitectónica y hoy lo continúan haciendo permitiendo a través de su acabado dar personalidad, luz y color a los edificios. Además, los morteros de cal, debido a su plasticidad, permiten realizar una gran variedad de acabados. Por su naturaleza inorgánica admiten su mezcla con pigmentos minerales, incorporándolos en su masa; ello posibilita que se consigan infinitos colores y tonos según se mezclen en mayor o menor proporción. El arquitecto tiene a su disposición un material dócil para plasmar con él su idea, personalizar su proyecto comunicándole una gran singularidad y aportando una durabilidad extraordinaria.

En efecto, hoy los morteros de cal son fundamentales por sus propiedades entre las que destaca su sostenibilidad y la luminosidad, color y belleza plástica que aporta a la arquitectura en sus dos aplicaciones principales: en restauración y en revestimientos. A continuación en, la figura 1, se exponen los principales tipos de cales, los productos derivados y las aplicaciones más destacadas.

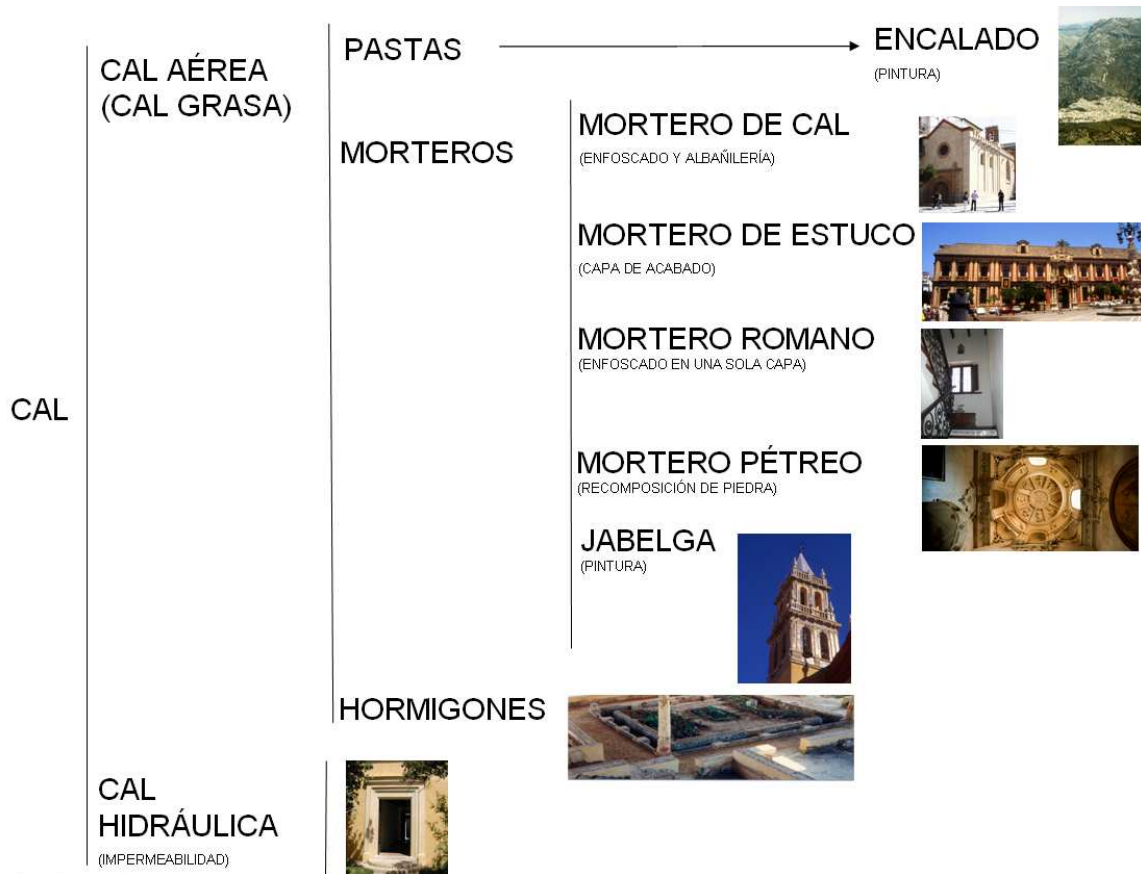


Figura. 1. Tipos de cales, materiales derivados y principales aplicaciones.

La bibliografía permite una mayor profundización en la cal, sus productos derivados y aplicaciones. Destacamos el artículo *La noble cal en la restauración del patrimonio histórico. Materiales y aplicaciones* [3], por hacer una descripción de cada uno de los productos y sus aplicaciones y por aclarar la distinción *entre cales aéreas y cales hidráulicas*. *Las cales aéreas son las que se combinan y endurecen con el dióxido de carbono presente en el aire. De ellas las más puras son las denominadas cales grasas. Las cales hidráulicas tienen la propiedad de fraguar y endurecer cuando se mezclan con agua y/o bajo el agua* [4].

*La cal es el producto blanco natural, pulverulento, sólido, con elevado punto de fusión y alta densidad, que se produce por cocción a cerca de mil grados de las piedras calizas que se obtienen de las canteras calizas* [5]. *Para la elaboración de los morteros de restauración y de revestimientos la mejor cal es la cal grasa, cal procedente de la cocción de calizas de alto contenido en carbonato cálcico. La cal necesaria para la fabricación de estucos ha de ser de gran pureza, que a veces llega a contener aproximadamente un 99% de hidróxido cálcico al ser apagada con agua. A partir de la cal se elaboran pastas, morteros y hormigones. Es sabido que el encalado es cal con agua, pudiendo incorporar pigmentos minerales. Los morteros, además de la cal, el agua y los posibles pigmentos minerales, contienen árido, pudiendo ser silíceo, calcáreo, cerámica triturada u otros. Los hormigones incorporan a la composición del mortero árido de mayor tamaño.*

*La alta calidad de una cal no presupone una buena calidad del mortero, ya que la mediocridad del árido puede dificultar la cohesión total. Es importante no desligar el valor porcentual de la cal en un mortero en relación con el porcentaje del árido y la naturaleza de éste. Históricamente las condiciones locales primaban en la elección de las materias primas de los morteros, elegidos en razón de su disponibilidad; hoy es posible contar con las materias primas idóneas tanto de cal como de los demás*

*componentes del mortero, tan sólo es necesario saber reconocer cuáles son los idóneos para cada aplicación y emplearlos. Si se quiere un auténtico mortero de cal, que es el bueno para restauración y para revestimientos de la arquitectura contemporánea, es importante que todo sea mineral y no contenga cemento portland, ni sustancias acrílicas, sintéticas, ni otro tipo de aditivos [3].*

Después de esta breve introducción a la cal, sus productos derivados y aplicaciones, a continuación desarrollamos los aspectos que la hacen ser sostenible, pormenorizando en los siguientes apartados la definición de sostenibilidad. Definimos material sostenible como aquél que tiene un mínimo consumo energético en extracción, fabricación, transporte, ejecución en obra y mantenimiento, para unas prestaciones constructivas, técnicas y estéticas durante su vida útil y posibilidad de reutilización o recuperación con mínimos consumos energéticos y en su caso mínimos o nulos residuos tóxicos. Como vemos, la cal cumple todas las exigencias mencionadas e incluso muchas más.

## **2.- Mínimo consumo energético en extracción, fabricación, transporte, ejecución en obra y mantenimiento**

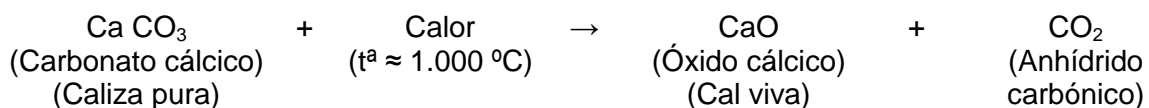
### **2.1.- Mínimo consumo energético en extracción, fabricación y transporte**

La materia prima para la fabricación de la cal es la piedra caliza, carbonato cálcico, de extraordinaria abundancia en la naturaleza. La cal es un producto natural y, por tanto, como todos los productos naturales, no tiene una composición constante ni homogénea.

Una vez localizada la cantera idónea para el tipo de cal que se pretende fabricar se explota normalmente a cielo abierto, con un consumo energético similar a la extracción de la piedra para otras aplicaciones. Los hornos de cal suelen estar junto a las canteras, reduciéndose el consumo energético del transporte.

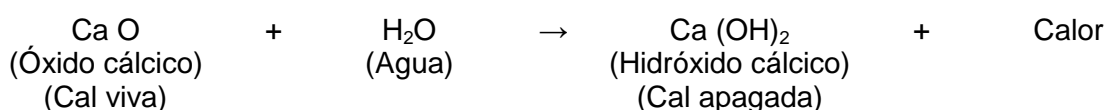
La fabricación se realiza por cocción en hornos tradicionales [5] o industriales cementeros, pero a menor temperatura, unos 1.000 °C frente a los 1.500 °C necesarios para el cemento, por lo que el consumo energético es considerablemente menor.

El proceso de calcinación se inicia con el proceso físico de evaporación del agua de cantera contenida en las piedras, para dar paso al proceso químico en el que el carbonato cálcico se transforma en cal viva, según la siguiente reacción química (Re.1):



(Reacción 1. Calcinación de la cal)

Una vez cocida la caliza y transformada en cal viva u óxido cálcico, es cuando tiene múltiples aplicaciones. En unas se utiliza cal viva y en otras se utiliza apagada, es el caso de las aplicaciones en construcción. Se dice que la cal es apagada cuando la cal viva mediante mojado en agua, se convierte todo el óxido cálcico en hidróxido cálcico. La reacción que tiene lugar durante el apagado es la siguiente (Re. 2):



(Reacción 2. Apagado de la cal)

La cal apagada se une con las otras materias primas para obtener los productos a aplicar, ya sean pastas, morteros u hormigones. En las proporciones y calidades precisas para cada aplicación la cal se mezcla con los áridos (principalmente silíceos, calcáreos o cerámica triturada) y los pigmentos minerales si se precisa modificar el color. Obtenido ya el producto, sea mortero, jabelga u hormigón, se transporta a la obra en la cual se vaya a aplicar, con los requisitos de dosificación, granulometría y color que se precise.

## 2.1.- Mínimo consumo energético en ejecución en obra y mantenimiento

La puesta en obra de la cal es fácil por ser muy plástica, cualidad destacada de los morteros de cal para su trabajabilidad. Se requiere, por tanto, poca energía para su aplicación. El ser cal grasa, como también se la denomina, indica su consistencia “mantecosa”, su docilidad, que la hace muy fácil de aplicar. Éste es uno de los motivos por los que los buenos profesionales que la emplean sienten afinidad por los morteros de cal, por su facilidad de aplicación a diferencia de otros morteros alternativos más bruscos, menos plásticos, menos dóciles en su ejecución, que se trabajan peor, especialmente los morteros de cemento.

Como material conglomerante, la cal se endurece por sí sola al fraguar y al carbonatarse lentamente por reacción con el anhídrido carbónico de la atmósfera. Finalmente, se solidifica totalmente como carbonato cálcico a través de la reacción química de la carbonatación, en la que se desprende agua y calor.

Se inició el proceso de la elaboración de la cal a partir de carbonato cálcico,  $\text{CaCO}_3$ , y se cierra el ciclo de la cal reconstituyéndose el mismo carbonato cálcico, de acuerdo a la fórmula siguiente (Re. 3):



(Reacción 3. Carbonatación)

En la reacción de fraguado y carbonatación las cales van perdiendo sus propiedades plásticas y van endureciendo lentamente

El consumo energético en el mantenimiento es muy reducido por la gran durabilidad de los morteros de cal, siempre que se hayan ejecutado correctamente y se haya resuelto constructivamente la estanqueidad al agua y la solidez estructural.

Prácticamente no requieren mantenimiento. En ocasiones excepcionales pueden precisar limpieza los morteros y los estucos, que se realizaría con agua.

## 3.- Prestaciones técnicas durante su larga vida útil

### 3.1- Durabilidad

#### 3.1.1. Durabilidad de los morteros de cal

La vida útil del edificio es un concepto clave al hablar de sostenibilidad, unido íntimamente a la durabilidad. Si hay gran durabilidad se reduce totalmente el consumo energético, se satisfacen las necesidades del presente sin comprometer la a futuras generaciones, manteniendo la arquitectura su valor de permanencia. Si no hay durabilidad el concepto de sostenibilidad es poco operativo e incluso teñido de banalidad.

Los morteros de cal presentan muy buen comportamiento al paso del tiempo. No se degradan al envejecer, sino que se ennoblecen y aportan mayor belleza al edificio.

La durabilidad de un mortero de cal depende de la calidad del mismo. Ésta a su vez de los materiales empleados en él: una buena cal, árido adecuado y que su dosificación y mezcla haya sido lo más correcta posible. En la durabilidad influirá la correcta ejecución, pequeños detalles que se han de cuidar si se quiere que el revestimiento sea duradero, como el mojar previamente los paramentos y que estén húmedos para evitar que el mortero pierda el agua de amasado necesario para su fraguado y endurecimiento.

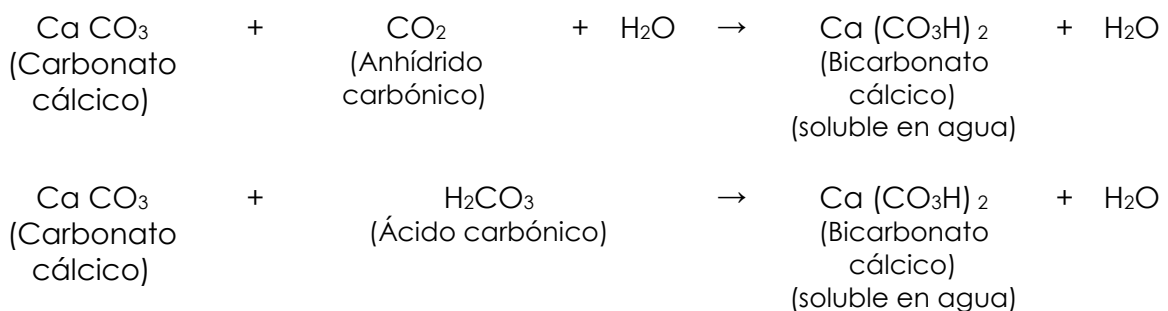
Cuando las soluciones constructivas han sido las correctas, las materias primas las adecuadas y la aplicación realizada por personas que conocen el oficio, los morteros van endureciendo al pasar los días, se van carbonatando, de acuerdo a la reacción 3 anteriormente expuesta. Las propiedades del mortero mejoran con el paso del tiempo, conforme el hidróxido cálcico se vaya carbonatando con el anhídrido carbónico de la atmósfera. Y esto se traduce en una gran vida útil, de siglos, sin necesidad de tener que ir sustituyendo periódicamente los morteros por su mal estado y por los efectos nocivos que ocasionan.

### 3.1.2. Colaboración de los morteros de cal en la durabilidad de la piedra

Y no sólo los morteros de cal son duraderos, sino que además contribuyen a que otros materiales sean duraderos. Es el caso de la protección de la piedra, la cerámica y otros materiales con finas capas de mortero de cal. Si nos centramos en el caso de la piedra, ante las acciones destructivas se deteriora. Al aplicar una fina capa de micromortero de cal ésta protege ante el CO<sub>2</sub> atmosférico, ante el SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>, ante el agua y sus efectos, ante acciones destructivas mecánicas, solares y biológicas, refuerza y consolida, embellece y es un material ensayado por el tiempo habiendo garantizado su buen comportamiento.

En efecto, este tratamiento se ha aplicado en diversas fachadas de piedra y se ha publicado en los artículos *Restauración de la singular fachada renacentista de la Casa Consistorial de Sevilla* [6] y en *Restauración de la Puerta de Marchena del Real Alcázar de Sevilla* [7]. *Las piedras de composición carbonato cálcico, caliza o calcarenita, insolubles, (CaCO<sub>3</sub>), al unirse con el agua que contiene disuelto el anhídrido carbónico del aire (CO<sub>2</sub>), se transforman en bicarbonato cálcico (Ca(CO<sub>3</sub>H)<sub>2</sub>), que es muy soluble en el agua, con lo cual las piedras calizas y calcarenitas se van descomponiendo.*

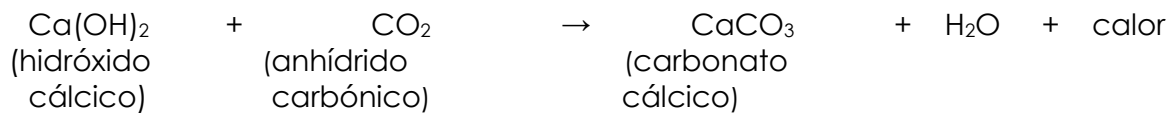
*Si la piedra es calcarenita pierde el elemento cementante, (CaCO<sub>3</sub>), con lo cual se reduce su consistencia, perdiendo masa y consiguientemente desapareciendo irreversiblemente magníficas tallas escultóricas. Si la piedra es caliza, al llegar el agua de lluvia con gran cantidad de anhídrido carbónico disuelto, se transforma en bicarbonato cálcico, muy soluble en agua, de acuerdo a la siguiente reacción:*



(Reacción 4. Acción del CO<sub>2</sub> en la piedra)

*Este fenómeno químico lo intuían los escultores que labraron la piedra, por lo que revestían los edificios con una capa fina de mortero de cal, muy rico en cal. Esta*

*capa de mortero de cal protegía a la piedra de la corrosión del gas carbónico de la atmósfera, y por ello se conocen desde muy antiguo como morteros de sacrificio. El mortero no sólo no se deteriora y protege a la piedra, sino que se va reforzando y endureciendo cuanto más carbónico exista en la atmósfera. El proceso es muy lento, y mientras se va produciendo la piedra mantiene sus propiedades. La cal se combina con el gas carbónico, neutralizándose, haciéndolo desaparecer, de forma que no puede llegar a la superficie de la piedra sobre la que se ha colocado el mortero, motivo por el que es recomendable que éste sea rico en cal. La reacción de la lenta carbonatación se realiza de acuerdo a la siguiente formulación:*



(Reacción 5. Protección de la piedra ante el CO<sub>2</sub>)

*La duración defensiva del mortero a la cal depende de muchos factores: de la pureza de la cal del mortero, de la cantidad que contenga en su dosificación, de la humedad ambiente, de los gases atmosféricos, de la compacidad, etc., pero es normal que este mortero dure más de cincuenta años e incluso siglos. Cuando la cal esté totalmente carbonatada, ha cumplido su misión de protección, avisa iniciando su descomposición y es el momento en el que habrá que reponerlo con otro mortero joven de cal, en el importante trabajo de mantenimiento de los edificios y especialmente en los grandes edificios de la arquitectura.*

*Las finas capas de mortero de cal también protegen ante la acción del SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>*

*La cal que forma parte de los morteros de cal y morteros de estuco, por su naturaleza alcalina, forma una barrera natural, un filtro, que impide totalmente el paso de los ácidos contenidos en la atmósfera y que tanto dañan a las piedras calizas, disolviéndolas. Los óxidos de azufre contenidos en la atmósfera degradan la piedra aceleradamente: producen pérdidas de masas pétreas, borran tallas artísticas, etc.*

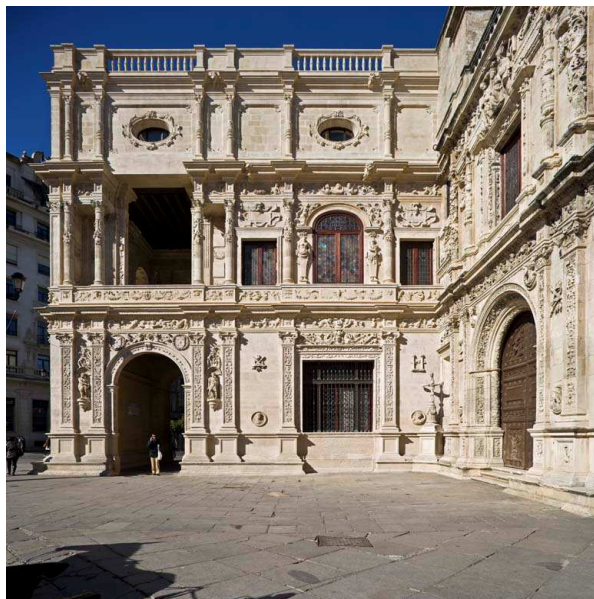


Figura. 2. Fachadas de la Casa Consistorial de Sevilla. En el proyecto de restauración se limpiaron, reforzaron, protegieron y consolidaron las fábricas y las esculturas aplicando finas capas de morteros de cal.



Proyecto y Dirección de obra: Dr. Arquitecto María Dolores Robador

*En el caso de que la piedra no tenga una protección a base de cal, el carbonato cálcico se transformaría en una forma hidratada de yeso nada resistente, lo que supone su total degradación.*

*La piedra se transforma en sulfato cálcico, por aumento de la humedad relativa del aire o por el agua de la lluvia precipita en forma hidratada de yeso, que se disgrega, por no ser resistente en exteriores cuando se encuentra en climatologías agresivas.*

*Por tanto, si al llegar estos agentes agresivos a la piedra se encuentran con una barrera que impida su penetración y posterior reacción, la piedra no se deteriora, sino que lo frena esta piel de sacrificio, y cuando esté degradada, fácilmente se reparará en el obligado mantenimiento que requieren estos edificios. La cal contenida en las finas capas de morteros de cal y en las jabelgas reacciona convirtiéndose en yeso, e impidiendo que se ataque y se deteriore la piedra.*

*Los productos neutros creados, no son extraños en la construcción, que al formarse, aún cierran más los poros de la capa de protección, protegiendo tanto más cuanto más polución haya en la atmósfera [6].*

Además es de destacar la gran importancia de haber empleado en la protección de la piedra un material de su misma naturaleza, pues así no se modifica la materia, fundamental para preservar la autenticidad del patrimonio. El objeto artístico, según Cesare Brandi, se compone de consistencia material (estructura y aspecto) e imagen. La primera soporta a la segunda. Cada vez que se altera uno de estos aspectos, la integridad del edificio se ve afectada. Conservar las características esenciales que definen imagen y materia, su integridad [8]. Al emplear finas capas de mortero de cal en la protección de la piedra se está empleando un producto de su misma naturaleza, de su misma consistencia material, no modifica la composición del elemento patrimonial. Si se emplean productos de otra naturaleza como son los procedentes de la industria de los polímeros, la materia se modifica y en muchas ocasiones no tienen la compatibilidad y durabilidad necesaria con los materiales originales, de forma que su efecto protector es menor e incluso nocivo ante agentes destructivos y además no se preserva la esencia material del patrimonio.



Figura. 3. Puerta de Marchena del Real Alcázar de Sevilla. En la intervención de restauración, una vez realizado el proceso de limpieza y consolidación estructural se aplicaron morteros de cal en las juntas, morteros pétreos y piedra en las recomposiciones, y finalmente la fábrica y esculturas se protegieron y consolidaron



con finas capas de morteros de cal actualizados.  
Proyecto y Dirección de obra la Dr. Arquitecto María Dolores Robador.

Paolo Marconi también insiste en la necesidad de consolidación con materiales de gran durabilidad: *Los intentos actuales para propugnar la consolidación con materiales especiales, proceden en realidad de interesadas campañas de venta de productos que, por lo demás, vienen de uno de los sectores industriales más comprometidos en su aspecto científico, sin tener en cuenta en lo más mínimo el problema de la degradación progresiva e inexorable que cualquier impregnación, aunque eficaz, no podrá jamás anular. Se trata por tanto de aplazar por algún año de degradación, pero no ciertamente de eludirla de forma definitiva* [9]. E incluso producen daños irreparables para el futuro modificando la estructura de la materia manteniendo su aspecto.

Por tanto, aplicando estas finas capas de mortero de cal para proteger la piedra y para restaurar las fábricas, se está haciendo una restauración sostenible, con gran durabilidad, protección y salvaguarda de la autenticidad del patrimonio histórico.

### **3.2- Aminorador del cambio climático. Despoluciona**

En la reacción de carbonatación (re.3), se demuestra cómo el hidróxido cálcico se va carbonatando al unirse con el anhídrido carbónico de la atmósfera, lo va eliminando de la atmósfera y lo transforma en piedra, por tanto se demuestra cómo los morteros de cal despolucionan. Se estima que la mejora medioambiental es de 150 g de CO<sub>2</sub> por kilo de cal.

### **3.3- Eficiencia. Propiedades térmicas**

Las propiedades térmicas de los materiales de cal contribuyen a la sostenibilidad de la arquitectura. La cal contribuye al control térmico.

Como ya expusimos en la lección inaugural *La Luz y el color de Sevilla* [10], los colores de las fachadas influyen en la absorción de la radiación solar. Es sabido que el color negro absorbe la radiación solar del 90 al 100% y el blanco del 0 al 10%; dentro de estos dos límites están los demás colores que absorben entre el 10 y el 90%. La absorción aumenta la temperatura de las fachadas, y si no están bien aisladas, el paso de calor a su interior, origina además variaciones dimensionales de los elementos constructivos de los edificios –dilataciones y contracciones-, que pueden dar lugar a lesiones. Éste es uno de los motivos por el que el blanco de la cal en encalados, jabelgas, morteros y estucos, reduce la cantidad de energía necesaria para conseguir bienestar térmico de los espacios en los edificios, suponiendo esto ahorro energético calorífico. Por ello, ciudades como Sevilla, a través de los siglos, se han cuidado los efectos de las fuertes radiaciones solares y la experiencia de la sabiduría popular ha sabido proteger, en lo posible, sus edificios con los materiales y experiencias locales. Por lo tanto, defender la cal es defender el patrimonio histórico y los materiales que lo conforman por sus buenas propiedades, apología de lo que hemos heredado, que tenemos que perfeccionar y que no se puede perder, tanto para abordar los trabajos de restauración, como para incorporarlo a futuras edificaciones.

Otras propiedades de la cal que contribuyen a su sostenibilidad son su capacidad de transpiración, su compatibilidad con otros materiales, su economía, etc.

### **4.- Prestaciones constructivas durante su larga vida útil**

Hoy la cal tiene una misión importante a cumplir en la restauración del patrimonio histórico arquitectónico y en la nueva arquitectura, principalmente en los revestimientos

Históricamente la cal estaba presente en todos los elementos constructivos de la arquitectura, tal como se recoge en el esquema de la figura 4. Hoy la cal sigue teniendo su lugar en la restauración de todos estos elementos constructivos.

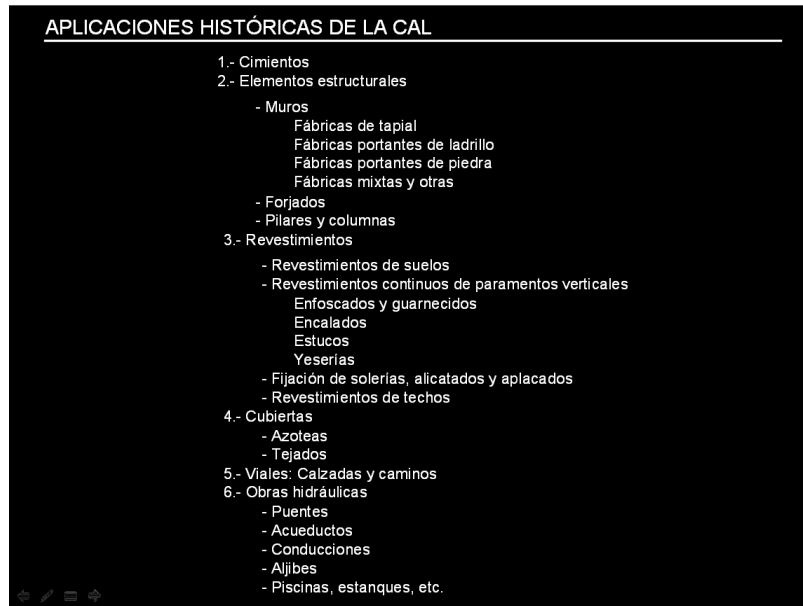


Figura. 4. Aplicaciones históricas de la cal

En la arquitectura contemporánea el lugar destacado de la aplicación de morteros de cal, morteros de estuco y jabelgas es en los revestimientos continuos.

Si analizamos los premios de arquitectura de los últimos años localizamos edificios donde los revestimientos se han resuelto con cal. Es el caso de la estación de autobuses de Córdoba del arquitecto César Portela, con todos sus muros interiores y exteriores revestidos con morteros de estuco o en las Viviendas Panorama de Madrid, del arquitecto Jerónimo Junquera, donde se empleó mortero de estuco sobre placas de hormigón. Este edificio donde en el que destaca el mosaico de colores de los estucos de cal recibió los siguientes premios: 1<sup>er</sup> premio nacional de arquitectura, 2007, 1<sup>er</sup> premio mejor edificio construido vivienda colectiva, 2006 y 1<sup>er</sup> premio a la mejor actuación en vivienda libre, 2004.



Figura 5. Edificio Torre Triana. Arquitecto Francisco Javier Sáenz de Oiza. Revestimiento de mortero de estuco.

#### **4.- Prestaciones estéticas durante su larga vida útil**

Los morteros de cal, por su naturaleza inorgánica, por la belleza del árido y de los pigmentos minerales, por los posibles colores y tonos naturales que se pueden conseguir, por la gran variedad de texturas que se pueden realizar, aportan una luminosidad y características estéticas de tal belleza que son difíciles de definir. Tan solo hay que mirar un muro estucado o enjabelgado bañado por el sol o en un interior, para sentirse fascinado.

Las posibilidades de colores y tonos posibles con morteros de cal, morteros de estuco, jabelgas, son casi infinitas, pues depende el color de todas las posibles mezclas de pigmentos minerales utilizados y de sus distintas proporciones.

Las texturas de acabado pueden ser muy variadas, llegando a una plenitud de matices en los paramentos, que en el juego con las luces y las sombras puede llegar a emocionar.

Otra gran cualidad de los morteros, jabelgas y estucos, es que por la estructura interna del árido, según sea silíceo o bien marmolina, más el pigmento mineral y la cal, hace que la luz se refleje coloreada. Esto hace que los paramentos estén vivos y llenos de luz, a diferencia de las pinturas plásticas, acrílicas o sintéticas que parecen muertas. Por tanto, al emplear materiales de cal la arquitectura y por ende la ciudad se ilumina y cobra vida, que varía según el ángulo de incidencia de los rayos del sol, es decir, según la hora del día y la estación del año. Y al ser estos materiales de gran durabilidad, esta luminosidad coloreada perdura en el tiempo, contribuyendo además a ser más sostenible, no hay que volver a pintar los paramentos muertos y apagados, desconchados, cada poco tiempo para reponerlos, sino que son duraderos manteniendo la vida y la luz coloreada.

Se ha de volver a la belleza y luminosidad que tenían nuestras ciudades cuando siempre se empleaban estos materiales, a diferencia de ahora donde empieza a inundarse la ciudad de fachadas apagadas, muertas, sin vida, sin luz, empobreciendo la ciudad. Esperemos que este hecho no sea una metáfora del estado en que nos encontramos los que vivimos en su interior. Por si acaso, cambiemos nuestras fachadas, que nos afectan mucho.

#### **6.- Posibilidad de reutilización**

Un mortero de cal también es sostenible porque cierra ciclos, es reciclable, un mortero cuando ha cumplido su misión sus residuos pueden reutilizarse.

#### **7.- Nulos productos tóxicos**

En un auténtico mortero de cal no hay ningún producto tóxico, puesto que sus materias primas son todas minerales, inorgánicas: cal, árido, pigmento mineral y agua.

#### **8.- Epílogo**

La cal cumple los caminos para verificar si la arquitectura es sostenible y por tanto también el mortero de cal, el estuco y la jabelga.

- Baja energía de los materiales aportados a la obra (extracción, fabricación -la menor temperatura del horno hace que consuma menos que al fabricar cemento-, transporte –es tan abundante en toda la geografía que al producirla no requiere largos recorridos-, colocación - puesta en obra fácil, con un costo mínimo de mano de obra (es mantecosa, fácil de aplicar).

- Durabilidad. Es tan durable que es muy sostenible, durante todo el proceso en el que el hidróxido cálcico del mortero fino de cal o jabelga se transforma en carbonato cálcico, hasta su degradación, son cientos de años si la cal es buena.
  - No genera residuos o emisiones tóxicas, es más, es un material ecológico que realiza un equilibrio con la naturaleza: 1 kilo de cal colocado elimina 150 gramos de CO<sub>2</sub>, despoluciona. Recupera el CO<sub>2</sub> al carbonatarse eliminándolo de la atmósfera contaminada.
  - Es sostenible porque cierra ciclos, es reciclable, un mortero cuando ha cumplido su misión sus residuos pueden reutilizarse.
- En conclusión, la cal y todos sus productos derivados constituyen excelentes materiales para la restauración y la construcción de la arquitectura contemporánea sostenible.

## REFERENCIAS

- [1] Van der Rohe, M. (1995). *La palabra sin artificio. Reflexiones sobre arquitectura 1922/1968*. 479-481. El Croquis. Madrid
- [2] Robador, M. D.; Arroyo, F.; Perez-Rodriguez. J.L. (2014), Study and restoration of the Seville City Hall façade. *Construction and Building Materials*. 53, 370–380.
- [3] Robador, M. D. (2012). La noble cal en la restauración del patrimonio histórico. Materiales y aplicaciones, *Aparejadores*, 80, 47-63.
- [4] UNE-EN 459-1. 2011. Cales para la Construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.
- [5] Robador, M. D. (1997). Cal de Morón de la Frontera, *Aparejadores*, 49, 34-39.
- [6] Robador, M. D. (2011). Restauración de la singular fachada renacentista de la Casa Consistorial de Sevilla, *Apuntes del Real Alcázar de Sevilla*, 12, 122-3173.
- [7] Robador, M. D. (2014). Restauración de la Puerta de Marchena del Real Alcázar de Sevilla. Respeto a la huella del tiempo, *Apuntes del Real Alcázar de Sevilla*, 15, 60-85.
- [8] Brandi C. (2000). *Teoría del restauro*, Ed.: Piccola Biblioteca Einaudi, Torino Marconi.
- [9] Marconi, P. (1996), Problemas de historia de la arquitectura y de la restauración en Italia. Título de la comunicación. En *Conservación y Restauración*, Universidad de Granada pag. 15-35, Granada.
- [10] Robador, M. D. (2008). *la Luz y el color de Sevilla*. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones. Sevilla.
- [11] Neila, F. J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Ed. Murilla-Lería. Madrid