



GUÍA DEL HÁBITAT ECOLÓGICO

3ª edición

Información esencial para una construcción
menos contaminante, más eficiente, sana y natural

ediciones
ECO HABITAR





GUÍA DEL HÁBITAT ECOLÓGICO

EDITORIAL

6

ARTÍCULOS

Bio – arquitectura

Ismael Caballero

8

Contribuir al futuro: arquitectura sostenible = bioclimatismo + bioconstrucción

Petra Jebens-Zirkel

12

Bioconstrucción: preguntas más frecuentes

Pedro Cores

18

Introducción a la arquitectura orgánica

Petra Jebens-Zirkel

21

Aislamientos térmicos renovables y reciclados de lana de oveja y algodón

Gerardo Wadel

27

Morteros ligantes, revestimientos y color en arquitectura

Pilar Valero Peiró

33

La cal: tradición del pasado e innovación hoy

Montse Guixeras y Sònia Argano

54

Cal: uno de los materiales más antiguos

Carlos Oyarzabal-Schroeder

60

Construcción con muros de tierra

Francisco Javier Castilla Pascual

63

Hábitat vegetal, creando infraestructuras con pacas de paja

Maren Termens

67

Cultura energética

Jesús Soto

72

Ftalatos y bisfenoles: contaminación intra muros

Berèngère Piquemal

79

Lino, linolio y ecología

Isidoro Arias

83

Contenido

La cal: tradición del pasado e innovación hoy

En estos últimos años en obra nueva y rehabilitación, la aparición de la bioconstrucción ha aumentado el interés en conocer mejor los materiales tradicionales que ofrecen la garantía de los siglos y que además son completamente naturales y de bajo coste ecológico, favoreciendo una industria química limpia.

Uno de los materiales de construcción más usados a lo largo de la historia y del que nos quedan innumerables ejemplos de todas las épocas es la cal aérea en pasta, conocida como cal grasa, de la que lo sabíamos todo pero parece que ahora lo hemos olvidado.

En este artículo queremos por un lado, intentar romper la confusión existente en torno a un material noble, cuyo funcionamiento y uso parecen más un secreto que simple conocimiento teorico-práctico, a la vez que desmitificar la complejidad de su aplicación, puesto que pensando que quizás no sea tan complicado utilizarlo, podamos empezar a hacerlo.

Las cales

Cal es un término genérico que se refiere a un amplio abanico de materiales con distintas características y modos de aplicación. Por este motivo la herramienta básica, para escoger el tipo de cal más idóneo en cada obra y poder rentabilizar al máximo sus propiedades, es comprender la tecnología de la cal, que consiste en conocer las características y cualidades que definirán el tipo de material que se obtendrá.

Como primera gran diferenciación encontramos: las Cales Aéreas y las Cales Hidráulicas.

Hoy en día las cales aéreas hidratadas (es decir ya apagadas, hidróxidos) que podemos encontrar en el mercado son: en pasta (presentación tradicional) o en polvo (proceso de producción industrial actual)

En cambio las cales hidráulicas siempre vienen presentadas en polvo, puesto que su naturaleza hidráulica provocaría el fraguado en presencia de agua.

La cal aérea en pasta, conocida como cal grasa, es un material muy particular con unas características diferenciales que son:

- Tiene calidad de piedra, porque al endurecer se transforma en piedra (CaCO_3)
- Es aérea, porque carbonata (endurece) con el CO_2 de la atmósfera
- Es natural, porque no se le agregan productos químicos
- Es una pasta, ya que hidratada se mantiene en estado amorfo.

Cal aérea versus cal hidráulica

Las cales aéreas se obtienen a partir de la calcinación de piedras calcíticas o dolomíticas más o menos puras, a una temperatura de 900-1000°C (baja emisión de CO_2). En cambio las cales hidráulicas según su obtención las podemos diferenciar en:

- Cales hidráulicas naturales (NHL), obtenidas a partir de la cocción a 1200°C de piedras calcáreas con arcillas en su composición (aluminosilicatos)
- Cales hidráulicas artificiales (HL), obtenidas a partir de la adición de productos hidráulicos a cales aéreas (como los morteros utilizados en las construcciones romanas)

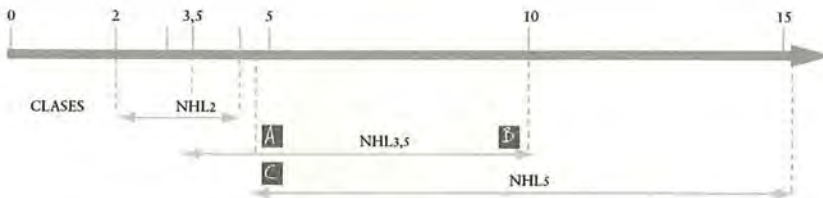
Las cales aéreas se clasifican a partir de su pureza en óxido de calcio, encontrando así las cales CL-90, CL-80 y CL-70.

La cal grasa la encontramos comercializada dentro de la categoría CL-90, es decir, dentro de las cales aéreas con un contenido en CaO igual o superior al 90%. Cabe destacar que la cal grasa debe con-



| | critérios | denominación | designación actual | designación anterior 1981-1996 |
|------------------------------|------------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| cales naturales sin aditivos | Concentración en CaO y MgO | cal cálcica | CL90 90% CaO mín CL80 80% CaO mín CL70 70% CaO mín | cal aérea apagada para construcción |
| | | cal dolomítica | DL85 85% CaO + MgO mín DL80 80% CaO + MgO mín | |
| aglutinantes añadidos | Resistencia mínima a la compresión | cal hidráulica natural | NHL 2 NHL 3.5 NHL 5 | XHN o cal hidráulica natural |
| | | cal hidráulica natural con añadidos de materiales hidráulicos o puzolánicos 20% máx | NHL-Z 2 NHL-Z 3.5 NHL-Z 5 | |
| aglutinantes reformulados | | cales CL y DL mezcladas con materiales hidráulicos o puzolánicos | HL 2 HL 3'5 HL 5 | no designados |

HL: cal hidráulica – NHL: cal hidráulica natural – DL: cal dolomítica – CL: cal cálcica



Resistencia mínima a la compresión en MPa a los 28 días. Una misma cal puede ser indistintamente clasificada como 3'5 (A) o como 5 (C). Por otro lado, un producto B clasificado como 3'5, presenta una resistencia superior a un producto C, clasificado como 5. A falta de información genérica, se ha de identificar cada producto caso a caso para poder utilizarlo.



Foto: Montserrat Guixeras

Diversos revocos con mortros de cal.



Foto: Montserrat Guixeras

Cal aérea en pasta versus cal aérea en polvo

El método de apagado de la cal viva obtenida después de la cocción, en las cales aéreas, determinará si esta se presenta en polvo o en pasta:

- Si se realiza con exceso de agua y posterior reposo, se obtiene la cal en pasta (hidróxido hidratado de calcio) y el agua de cal.
- Si se realiza apagado por pulverización, con la cantidad justa de agua solo para transformar el óxido de calcio en hidróxido de calcio, se obtiene en polvo.

En la cal en polvo no existe agua entre los cristales de hidróxido de calcio que se van formando durante el apagado, obteniendo un material: menos elástico y con un proceso de carbonatación, una vez aplicado, menos homogéneo que en las cales en pasta.

Estas últimas tienen agua de composición en su interior que les confiere elasticidad y favorece la disolución del CO_2 , consiguiendo un endurecimiento homogéneo, que a su vez generará una estructura porosa cristalina, que caracteriza las pastas de cal aérea una vez endurecidas. Momento en que hablamos de la calidad de piedra, dado que la pasta se ha transformado en carbonato cálcico, como la piedra caliza a partir de la cual ha empezado todo el proceso de obtención de la cal (ciclo de la cal).

tener como mínimo un 95% de CaO (sino se denomina cal magra), entonces vemos como esta denominación, CL-90, no nos asegura que siempre se trate de una cal grasa, siendo estas pequeñas variaciones de composición las que determinan su calidad. Es también este tipo de cal, con un contenido superior al 95%, la que encontramos generalmente comercializada en pasta, y en cambio el resto de las CL generalmente en polvo.

Las cales hidráulicas no se clasifican según su pureza, sino según su resistencia mínima a la compresión después de 28 días, propiedad relacionada con su rapidez de endurecimiento (que se produce por pérdida de agua), más elevada cuanto más hidráulica es la cal.



La cal frente a las humedades

Los revestimientos constituyen la piel de los edificios y se les exige fundamentalmente que cumplan dos condiciones aparentemente contradictorias: permeabilidad e impermeabilidad.

La permeabilidad es la capacidad de facilitar la evaporación del agua contenida en el soporte, que proviene del interior de la edificación y del contacto con el terreno.

En cambio la impermeabilidad es la capacidad de actuar como una barrera frente al agua de lluvia. Por tanto se requiere un coeficiente de capilaridad bajo pero no nulo, permitiendo así la salida del vapor de agua contenido en el edificio.

Por tanto, cuando un material tiene buena permeabilidad al vapor de agua se considera transpirable, es decir, presenta porosidad suficiente para dejar pasar el agua en vapor, pero a la vez suficientemente pequeña para no dejar pasar el agua en estado líquido, mecanismo similar al de las membranas textiles tipo Gore-Tex®.

La permeabilidad del mortero de cal es alta por su baja resistencia al paso del vapor de agua. Su sistema poroso cristalino permite una adecuada difusión y una mejor aireación, evitando la condensación intersticial.

El comportamiento de los materiales ante el vapor de agua, también define su comportamiento térmico. La baja higroscopicidad que se da en las pastas de cal aérea proporciona sequedad ambiental, por lo que presentan una baja conductividad térmica.

También encontramos un buen comportamiento de las pastas de cal aérea frente a las humedades por capilaridad en los muros en contacto con el terreno, debido también al sistema poroso que se genera en estos morteros: porosidad de diámetro elevado, que favorece que las paredes de los poros adsorban la humedad sin condensar y no tengan un potencial de succión tan grande como en los materiales hidráulicos y cementicios, que tienen estructuras porosas capilares (diámetro de poro muy pequeño con alto potencial de succión y almacenamiento de humedad).

Aplicaciones

Gracias al comportamiento higroscópico de los morteros de cal aérea en pasta, estos encuentran

Foto: Montserrat Guixeras



Foto: Montserrat Guixeras



Foto: Montserrat Guixeras



múltiples aplicaciones tanto en obra nueva y rehabilitación como en restauración de patrimonio.

En obra nueva y rehabilitación

Vemos como el soporte tradicional ha cambiado, y es un reto para los morteros de cal grasa adaptarse a nuevos soportes y conseguir acabados actuales de diseño. Según las necesidades, se puede variar el grosor de las capas de mortero, sin seguir el tradicional orden de aplicación.

- Actualmente, en obra nueva, para evitar la entrada de humedad suele impermeabilizarse la cara expuesta del muro. Esta impermeabilización crea una barrera, que al mismo tiempo que evita la penetración de humedad, impide la salida de la que está dentro, o de la que pueda ascender desde la base del paramento.

Por estos motivos es importante obtener revestimientos que no se afecten por la humedad, es decir transpirables e higroscópicos, con buena regulación térmica y renovación del aire interior.

- En la conservación y mantenimiento en muros con humedades, puesto que el principal objetivo para estabilizar la humedad, no es conseguir resistencia mecánica, sino proteger el corazón del muro aplicando una capa transpirable.
- Localización precisa del foco de humedad mediante "radiografía de humedades", ya que la cal focaliza los puntos críticos por cambio de color
- Imitación del soporte, consiguiendo la regularización de las imperfecciones, tanto de la factura manual como del paramento en sí
- Combinación con productos hidráulicos: puesto que la cal tiene una elevada capacidad de reacción con sustancias hidráulicas. La cal puede mezclarse con cemento para hacer suelos y superficies duras, y para hacer pastas de mayor resistencia mecánica con cualidades más plásticas, sin los inconvenientes que comporta el uso de resinas sintéticas.
- Acondicionamiento térmico adaptado a cada caso de rehabilitación.

En restauración de patrimonio

El principal criterio en conservación y restauración de patrimonio, es la compatibilidad de los materiales de intervención con los originales. En este sen-

tido se impone la necesidad del uso de la cal aérea en pasta, por su calidad de piedra y por ser un constituyente básico de la arquitectura histórica:

- Aplicación de agua de cal (dispersión de 1,7gCa / l H₂O a 20°C) para consolidar soportes calcáreos degradados
- Conservación y mantenimiento de morteros antiguos, revestimientos y pinturas murales, eliminando el uso de resinas y morteros de restauración preformulados, tan abundantes en el mercado de la recuperación del patrimonio, y que en muchos casos han acentuado su degradación
- Cuando el estado de conservación lo permite y ha cesado la aportación de sales, la aplicación de morteros de sacrificio desala el muro, succionando las sales que se encuentren dentro del sistema poroso
- Adhesión o unión de fragmentos en juntas y superficies, y reintegración de zonas perdidas o dañadas.
- Acción contra la proliferación biológica mediante agua de cal (pH 11)

Conclusiones

Creemos que innovar no consiste solo en probar materiales poco conocidos, sino también en profundizar en el conocimiento de los tradicionales, para servirnos de todas sus prestaciones. Sin plantear rivalidades con el uso de materiales más contemporáneos, en la confianza que da un material tradicional, que bien tratado, puede simplificar problemáticas entendidas como complejas.

Como técnicos tenemos que incorporar en nuestras actuaciones los beneficios derivados de nuevas tecnologías, sin olvidar el buen uso adquirido del pasado.

Por esto defendemos las ventajas de la utilización de la cal aérea en pasta, no solo en la recuperación del patrimonio arquitectónico, sino también en la construcción en general, especialmente por una insoslayable sensibilidad hacia la construcción con materiales ecológicos, cuestión que afecta a todos los profesionales del sector, pero también al público en general, interesado en la mejora de las condiciones de su calidad de vida.