



Goya, 23 - 3º Derecha • 28001 Madrid  
Teléfono 91 426 12 91 • Fax 91 431 57 99  
[www.ancade.es](http://www.ancade.es) • E-mail [ancade@aecarretera.com](mailto:ancade@aecarretera.com)

Miembro de:



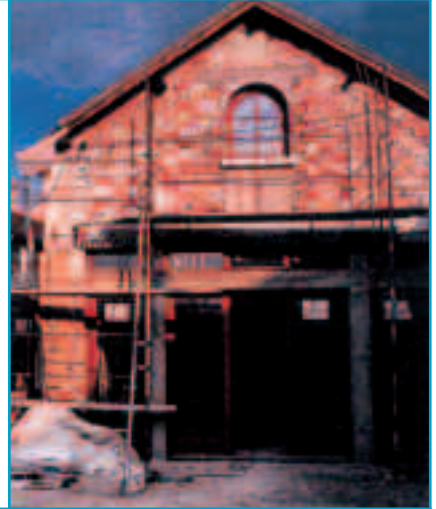
European Lime  
Association



International Lime  
Association

*Guía práctica para*

# **LOS MORTEROS DE CAL AÉREA APAGADA Y DE SUS MEZCLAS CON YESO Y CON CEMENTO.**



0	Objeto .....	2
1	Cales para la construcción .....	2
1.1	Antecedentes Históricos .....	2
1.2	Cales para la construcción. Tipos.....	2
1.3	Obtención de las Cales Aéreas Cálcidas (CL) .....	3
1.4	Hidratación o apagado de la Cal Viva .....	4
1.5	Endurecimiento de la Cal Apagada. Carbonatación .....	4
2	Revestimientos a base de cal aérea apagada .....	6
2.1	Componentes de los Morteros para revestimientos .....	6
2.1.1	Cal apagada .....	6
2.1.2	Cementos.....	6
2.1.3	Yesos.....	6
2.1.4	Arenas .....	6
2.1.5	Agua de amasado .....	7
2.1.6	Aditivos .....	7
2.1.7	Dosificación del mortero .....	7
2.2	Los diferentes Morteros .....	7
2.2.1	Generalidades .....	7
2.2.2	Mortero de cal cálcica apagada .....	8
2.2.2.1	Dosificaciones recomendadas .....	8
2.2.3	Morteros de cal cálcica apagada/yeso .....	9
2.2.3.1	Dosificaciones recomendadas .....	10
2.2.4	Morteros de mezclas de cal cálcica apagada/cemento.....	10
2.2.4.1	Dosificaciones recomendadas .....	11
2.2.5	Caso particular de enyesado .....	13
2.3	Puesta en obra de los revestimiento .....	14
2.3.1	Preparación del soporte.....	14
2.3.2	Condiciones climáticas .....	14
2.3.3	Amasado del mortero.....	15
2.3.4	Aplicación .....	15
2.3.5	Caso de los diferentes morteros .....	16
2.3.5.1	Mortero de cal cálcica apagada .....	16
2.3.5.2	Mortero de cal cálcica apagada/yeso .....	17
2.3.5.3	Mortero de cal cálcica apagada/cemento.....	17
2.4	Soportes especiales .....	17
2.4.1	Muros de tierra apisonada (tapiales).....	17
2.4.2	Hormigón celular producido en autoclave.....	18
2.4.3	Soportes antiguos .....	18
2.4.4	Juntas de mampostería de piedra (restauración y construcciones nuevas).....	18
2.5	Algunos consejos complementarios .....	19
3	Encalado con cal apagada .....	20
3.1	Generalidades.....	20
3.2	Puesta en obra.....	20
3.2.1	Preparación del soporte .....	20
3.2.2	Preparación del encalado .....	20
3.2.3	Aplicación del encalado.....	21
3.2.4	Observaciones .....	21
3.3	Utilizaciones especiales de los encalados .....	22
3.3.1	Tratamiento de la madera .....	22
3.3.2	Desinfección por encalado de muros de bodegas, sótanos, granjas etc.....	22
4	Precauciones que se deben tomar durante la utilización de la Cal Viva o Apagada .....	23
5	Algunas dosificaciones Ejemplos .....	23
5.1	Dosificaciones de Mortero .....	23
	Bibliografía .....	26
	Miembros .....	27

# 0 Objeto

Esta Guía tiene por objeto proporcionar un conjunto de recomendaciones para la utilización de la cal aérea apagada y de sus mezclas con cemento o con yeso, utilizadas en la fabricación de morteros para su empleo en revestimientos, de tal modo que faciliten la obtención de productos durables y fiables, respondiendo a unas características especificadas, y que, además, sirvan de ayuda para los utilizadores de estos materiales.

## 1 Cales para la construcción

### 1.1 Antecedentes Históricos

La cal ha sido uno de los conglomerantes que el hombre ha utilizado desde la más remota antigüedad por obtenerla a partir de rocas carbonatadas muy extendidas en la corteza terrestre (representan un 20%).

Los morteros de cal apagada se han empleado en múltiples aplicaciones, tanto como revestimientos o como morteros para solados, fábricas, etc así como en morteros hidráulicos y morteros resistentes a la acción del agua del mar por incorporación de adiciones de tipo puzolánico.

Actualmente la necesidad de rehabilitación y restauración de obras monumentales antiguas ha llevado a un renacimiento de los morteros hechos a base de cal.

La fabricación y utilización de los morteros de cal fue la práctica común hasta la primera guerra mundial. A partir de entonces, la evolución de los cementos Pórtland con una mayor rapidez de endurecimiento y desarrollo de resistencias mecánicas, llevó a que los morteros a base de cemento desplazaran a los tradicionalmente usados con cal. Sin embargo su mayor retracción, fisuración y su rigidez mecánica, han hecho que se vuelva a utilizar la cal aérea apagada en la fabricación de morteros bien como único conglomerante o en mezclas con cemento o con yesos para su aplicación en la restauración de monumentos, revestimientos interiores (enlucidos) y exteriores (revocos) en fábricas de ladrillos, edificios, etc.

### 1.2 Cales para la construcción. Tipos

Las cales para la construcción, según la Norma Armonizada Europea UNE-EN 459-1:2001 (obligatoria para todos los países miembros de la UE) y de acuerdo con sus constituyentes, establece los siguientes tipos: cales aéreas cálcicas (CL), cales aéreas dolomíticas (DL), cales hidráulicas naturales (NHL) y cales hidráulicas artificiales (HL). Las cales aéreas se clasifican de acuerdo con su composición química en cales vivas (Q), compuestas fundamentalmente por óxidos de calcio y de

magnesio y cales hidratadas o apagadas (S) compuestas por hidróxidos fundamentalmente de calcio y magnesio.

Las cales vivas, según su contenido en óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO) se clasifican en los siguientes tipos : Cales cálcicas (CL) en las que el componente fundamental es el óxido de calcio (CaO) y el óxido de magnesio no supera el 5% y cales dolomíticas (DL) en las que el óxido de magnesio es superior al 5%. En el mismo sentido las cales hidratadas o apagadas se clasifican en CL o DL según procedan de cales vivas cálcicas o cales vivas dolomíticas. Así mismo las cales aéreas cálcicas se clasifican según que su contenido en óxido de calcio más óxido de magnesio sea igual o superior a 90%, 80% y 70% respectivamente en CL 90, CL 80 y CL 70. (ver tabla 1)

En esta Guía se contemplan, solamente, las cales aéreas cálcicas hidratadas o apagadas y sus mezclas con yesos o con cementos.

**Tabla 1**  
**Requisitos químicos para la Cal<sup>a</sup>**

	Tipo de Cal	CaO+MgO	MgO	CO2	SO3	Cal libre
1	CL 90	≥ 90	≤ 5 <sup>c</sup>	≤ 4	≤ 2	-
2	CL 80	≥ 80	≤ 5 <sup>c</sup>	≤ 7	≤ 2	-
3	CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	-
4	DL 85	≥ 85	≥ 30	≤ 7	≤ 2	-
5	DL 80	≥ 80	≥ 5	≤ 7	≤ 2	-
6	HL 2	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 8
7	HL 3,5	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 6
8	HL 5	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 3
9	NHL 2	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 15
10	NHL 3,5	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 9
11	NHL 5	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 3

Nota: Los valores se aplican a todos los tipos de cal. Para la cal viva, estos valores corresponden al producto acabado; para todos los otros tipos de cal, (cales hidratadas, cales en pasta y cales hidráulicas), los valores se refieren al producto exento de agua libre y de agua combinada.

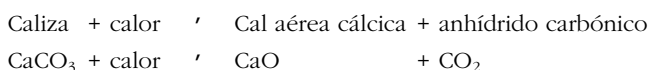
<sup>a</sup> Los valores de la tabla se expresan en porcentaje en masa.

<sup>b</sup> Un contenido de SO<sub>3</sub> superior al 3% e inferior al 7% es admisible, a condición de que la estabilidad sea confirmada después de 28 días de conservación en agua, según el ensayo dado en la Norma Europea EN 196-2

<sup>c</sup> Un contenido de MgO hasta el 7% es admisible a condición de que la estabilidad sea confirmada según el ensayo dado en el apartado 5.3 de la Norma Europea EN 459-2:2001

### 1.3 Obtención de las Cales Aéreas Cálcicas (CL)

Estas cales se obtienen por calcinación de calizas con contenido en carbonato de calcio superior al 95% a una temperatura de unos 900 °C, según las reacciones siguientes:



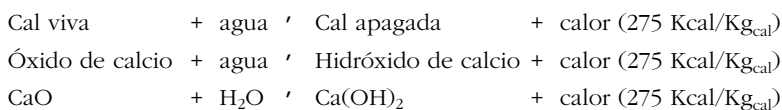
Las cales aéreas endurecen en el aire por la acción del dióxido de carbono atmosférico en presencia de humedad. Estas cales no endurecen bajo el agua.

## 1.4 Hidratación o apagado de la Cal Viva

El óxido de calcio obtenido en la calcinación de la caliza reacciona inmediatamente con el agua, transformándose en hidróxido de calcio (este fenómeno se conoce como hidratación o apagado de la cal viva).

El producto obtenido se conoce como cal hidratada o apagada.

En el apagado, se libera una gran cantidad de calor según lo siguiente:



El hidróxido de calcio ocupa un volumen, aproximadamente, un 20% mayor que el correspondiente al óxido de calcio original, por lo que se produce un efecto expansivo, de tal modo que un terrón de cal viva se transforma en cal hidratada pulverulenta o en una pasta más o menos consistente de acuerdo con la cantidad de agua utilizada para el apagado.

Los procesos modernos de fabricación industrial de la cal apagada consiguen el apagado total de la cal viva, evitando los efectos perjudiciales motivados por el fenómeno expansivo mencionado por la presencia de cal viva no hidratada (caliches).

En la fabricación de los morteros se debe utilizar una cal completamente apagada.

La cal apagada, denominada antiguamente cal grasa por su untuosidad, se utiliza en la fabricación de morteros bien sola o bien en mezclas con yeso o con cemento.

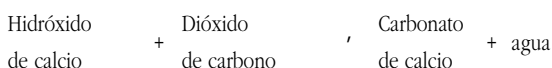
## 1.5 Endurecimiento de la Cal Apagada. Carbonatación

La cal apagada endurece progresivamente al reaccionar con el dióxido de carbono de la atmósfera en presencia de humedad, formando carbonato de calcio, según la reacción siguiente:

(medio húmedo)



(medio húmedo)



(humedad ambiente)



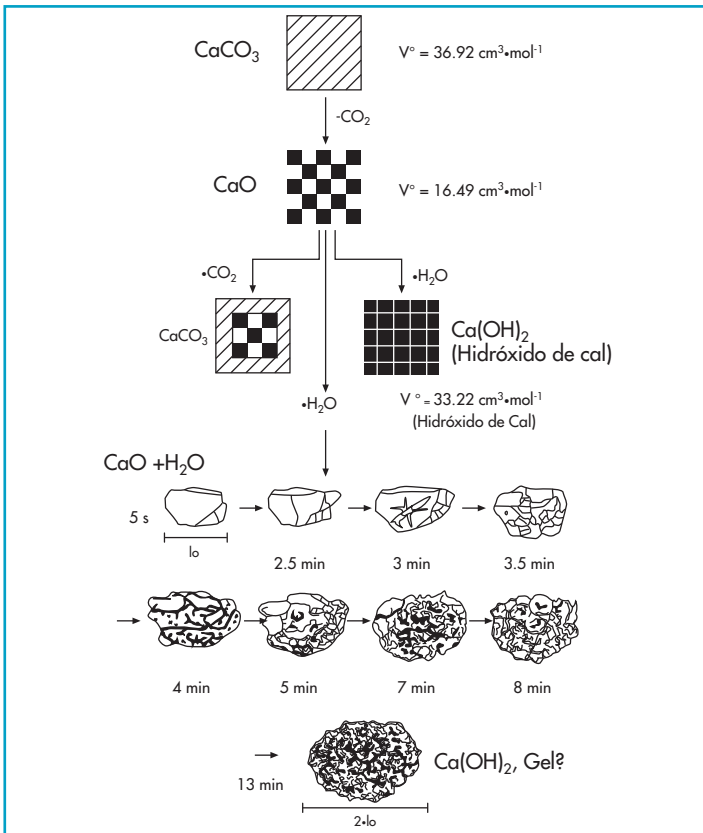
Para que esta reacción tenga lugar, es imprescindible el contacto con el aire con un determinado grado de humedad (55% a 65% de humedad relativa); sin embargo, esta reacción no tiene lugar cuando la cal apagada se encuentra bajo agua o en medios en los que la humedad relativa sea elevada.

Si un revestimiento en estado fresco se recubre con un papel o con una lámina de plástico no tiene lugar la carbonatación.

En la figura 1 se representa el esquema de la fabricación de la cal viva y su apagado.

Figura 1

Volumen molecular del Carbonato Cálcico (Caliza), Óxido del Calcio (Cal viva) e Hidróxido de Calcio (Cal apagada o hidratada).



Parte superior: Representación esquemática de la estructura volumétrica.

Parte inferior: Evolución del volumen durante el apagado de la Cal Viva en función del tiempos.

## 2 Revestimientos a base de cal aérea apagada

### 2.1 Componentes de los Morteros para revestimientos

#### 2.1.1 Cal apagada

Sólo se utilizarán las siguientes cales aéreas cálcicas apagadas:

- EN 459-1 CL 90-S
- EN 459-1 CL 80-S
- EN 459-1 CL 70-S

conformes con la Norma Europea 459-1: 2001 "Cales para la construcción - Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad" y que, además, posean el MARCADO CE.

#### 2.1.2 Cementos

Se pueden utilizar cualquiera de los cementos comunes definidos en la Norma Europea UNE-EN 197-1:2000, o cementos blancos según la Norma UNE 80.305:1996 y que, además, posean el MARCADO CE.

#### 2.1.3 Yesos

Los yesos deben estar de acuerdo con el Pliego RY-85 "Pliego General de Condiciones para la Recepción de yesos y escayolas en las Obras de Construcción", con las Normas UNE 102.010-86 "Yesos para la Construcción. Especificaciones" y UNE 102.011-86 "Escayolas para la Construcción. Especificaciones" y que, además, posean el MARCADO CE.

#### 2.1.4 Arenas

Granulometría:

Generalmente se deben utilizar arenas con un tamaño máximo apropiado al espesor y acabado de cada capa. En cualquier caso, no es aconsejable superar un tamaño máximo de 4 mm. Cuanto más fina es la arena, el mortero es más trabajable; sin embargo, hay que tener en cuenta que un exceso de finos aumenta la demanda de agua y, por consiguiente, aumenta la retracción del mortero durante el secado, disminuye la adherencia y se corre el riesgo de tener una microfisuración.

Áridos para morteros:

Las arenas cumplirán todo lo indicado en la norma UNE EN 13 139

Limpieza:

La limpieza de la arena es fundamental, se deben utilizar arenas que no contengan materiales arcillosos, materia orgánica, compuestos perjudiciales para la durabilidad de los morteros; p. ej.: sulfuros de hierro oxidables (pirrotinas, marcasitas); micas; esquistos de estructura laminar o escamosos



en cantidad suficiente que pueden afectar al acabado del mortero y, además, a las resistencias mecánicas y a la dureza.

### 2.1.5 Agua de amasado

El agua empleada para el amasado de los morteros debe ser limpia y no contener sustancias que puedan modificar los tiempos de fraguado. Además, no debe contener sólidos en suspensión (materiales arcillosos) que puede afectar al fraguado y a la durabilidad de los morteros.

### 2.1.6 Aditivos

Son productos que añadidos en pequeñas cantidades mejoran algunas características de los morteros.

Los tipos más empleados son los siguientes :

- aireantes
- plastificantes
- retenedores de agua
- hidrófugos
- modificadores del tiempo de fraguado
- colorantes

El uso de un aditivo debe ser precedido de los ensayos oportunos para determinar su dosificación y conseguir la mejora deseada sin detrimento de la calidad del mortero

### 2.1.7 Dosificación del mortero

La composición de los morteros precisa una dosificación bien definida de todos sus componentes. Es necesario encontrar una buena dosificación para la elaboración de los morteros, de tal modo, que se cumplan las finalidades de su utilización para cada caso concreto.

Una buena dosificación de los morteros debe contener el conglomerante suficiente (Cal, Cal+Cemento o Cal+yeso) para que rellene, con un ligero exceso, todos los huecos de la arena, proporcionando la trabajabilidad y las resistencias apropiadas.

## 2.2 Los diferentes morteros

### 2.2.1 Generalidades

La cal aérea cálcica hidratada o apagada produce morteros plásticos, untuosos al tacto, que se pueden preparar en grandes cantidades ya que los riesgos de segregación son mínimos y la velocidad de carbonatación es lenta.

En procesos de restauración, el revestimiento de mortero de cal permite la aplicación de pátinas obtenidas mediante la mezcla de 1 volumen de cal con 5 volúmenes de agua.

Estas cales se pueden utilizar en mezclas con yesos o con cementos, dando lugar -una vez mezclados con áridos y agua- a los morteros conocidos como morteros mixtos. (mal llamados morteros bastardos).

### 2.2.2 Mortero de cal cálcica apagada

La cal apagada se puede utilizar en la fabricación de morteros para su empleo como revestimientos tanto interiores como exteriores, presentando las siguientes características positivas:

- Buena plasticidad.
- Retracción débil.
- Gran elasticidad que favorece la adaptación a las deformaciones del soporte sin provocar agrietamientos.
- Constancia de volumen bajo condiciones variables de humedad.
- Permeabilidad apreciable al vapor de agua lo que permite que los muros "respiren".
- Posibilidad de disminuir la presencia de eflorescencias, por el bajísimo contenido de sales solubles.
- Buen aislamiento térmico y acústico.
- Buen aspecto estético y homogéneo.
- Fáciles de colorear.
- Garantizan el sellado y estucado.

#### 2.2.2.1 Dosificaciones recomendadas

Un mortero demasiado pobre en cal no tendrá la suficiente adherencia y resistencia y dará lugar a revestimientos que pueden desmoronarse. Por el contrario, un mortero con mucha cal demandará mas agua y será mas fisurable.

Las características de la arena influyen sobre la cantidad de cal que se debe utilizar.

Por otra parte, la cantidad de arena utilizada y su granulometría tienen gran importancia para las características de los morteros tanto frescos como endurecidos.

En la tabla 2, se incluye a título de ejemplo, una dosificación recomendada para realizar un revestimiento en obras de fábrica antiguas.

**Tabla 2**

**Dosificación recomendada (en masa), por metro cúbico de arena seca**

Capas	Espesor mm	Cal apagada kilos	Arena m <sup>3</sup>	
			Cantidad m <sup>3</sup>	Tamaño máximo recomendado mm
1º capa	5	250 - 300	1	4
2ª capa	< 10	200 - 250	1	2
3ª capa	5	150 - 250	1	1

Se recomienda, para cada caso concreto, determinar la dosificación óptima de cal apagada por medio del ensayo de la placa de vidrio, que se describe a continuación, para comprobar que la mezcla no es ni demasiado rica ni demasiado pobre en cal.

En caso de usarse aditivos para modificar algunas de las características de los morteros se recomienda realizar los ensayos previos pertinentes para fijar la dosificación óptima del aditivo para obtener los objetivos buscados.

**Ensayo con la placa de vidrio:**

Se prepara suficiente cantidad del mortero que se va a ensayar y sobre una placa de vidrio se confecciona, con este mortero, una galleta de 6 a 8 mm de espesor. Después de 24 horas, se puede valorar la calidad de la mezcla, a partir de las siguientes observaciones:

- a) Si la galleta se desmorona: La mezcla es demasiado pobre en cal (falta de adherencia y resistencia)
- b) Si la galleta se fisura: La mezcla es demasiado rica en cal (riesgo de fisuración)

**2.2.3 Morteros de cal cálcica apagada/yeso**

Estas cales se pueden utilizar en mezclas con yesos en distintas proporciones según su finalidad y las características que se pretenden obtener. La adición de cal apagada al yeso aumenta su tiempo de trabajabilidad y le proporciona con el tiempo una resistencia más elevada, endureciéndolo por la carbonatación que experimenta la cal apagada. Por otra parte, el mortero tiene un pH básico (>7), por lo que se evita el riesgo de la posible corrosión de los metales en presencia de humedad, y se disminuye el desarrollo bacteriológico, así como el de enmohecimientos por hongos y la aparición de manchas.

La adición de cales apagadas al yeso para fabricar morteros se utiliza sobre todo en revestimientos interiores, aunque también han sido empleados con éxito para revestimientos exteriores, existiendo una tradición sobre estos revestimientos aplicados en fachadas.

Tanto la cal aérea apagada como el yeso son solubles en agua por lo que se deben tomar las medidas constructivas apropiadas (cornisas, bandas dispuestas regularmente sobre la fachada, etc.). No se aconseja situarlos al pie de muros a causa de las salpicaduras.

Los componentes del mortero deben responder a las siguientes características:

- La cal apagada debe ser cálcica, se usarán los tipos EN 459-1 CL 90-S, CL 80-S y CL 70-S excluyendo cualquier otro tipo.
- El yeso debe ser hemihidrato (sin adiciones); debe responder a las características incluidas en las Normas UNE 102.010 y UNE 102.011 en vigor.
- La arena debe ser limpia con tamaños máximos apropiados para el espesor de cada capa y de su acabado; puede estar coloreada por pigmentos inorgánicos (p. ej.: ladrillo cerámico molido, polvo de piedra, chamota, óxidos metálicos, etc.).
- El agua no se debe añadir en exceso (el mortero no debe ser demasiado fluido).

En muchos casos, se utilizan aditivos reguladores de fraguado y retenedores de agua para modificar las características de los morteros.

### 2.2.3.1 Dosificaciones recomendadas

En la tabla 3, se incluye a título de ejemplo, una dosificación corrientemente utilizada para renovar revestimientos antiguos.

**Tabla 3**  
**Dosificación recomendada**

<b>Dosificación en volumen</b>			<b>Dosificación en peso</b>		
Cal apagada	Yeso Semihidrato	Arena	Cal apagada	Yeso Semihidrato	Arena
1 volumen	3 volúmenes	2 volúmenes	6 kilos	40 kilos	30 kilos
Cantidad de agua: 2,5 volúmenes			Cantidad de agua: 25 litros		
La mezcla de los conglomerantes y la arena se debe hacer en seco					

### 2.2.4 Morteros de mezclas de cal cálcica apagada/cemento.

Estas cales se pueden mezclar con distintas cantidades de cemento (comunes o blancos). Las características del cemento y su cantidad influyen extraordinariamente en las propiedades de los morteros, especialmente en las resistencias mecánicas a corto plazo y en los tiempos de fraguado. El cemento normalmente utilizado, sobre todo en el campo de la restauración, es el cemento blanco que facilita la pigmentación de los morteros.

La presencia de cal en este tipo de morteros proporciona:

- Mayor adherencia.
- Mayor plasticidad
- Incremento de la permeabilidad al vapor
- Disminución de eflorescencias
- Menor retracción y fisuración

Los valores de las resistencias mecánicas de estos morteros dependen de las proporciones de cal apagada y de cemento (tipo y clase) de la mezcla; de aquí, que se aconseje realizar los estudios previos correspondientes para obtener la dosificación apropiada de acuerdo con la utilización prevista. Las resistencias mecánicas serán más elevadas y los tiempos de fraguado más cortos cuanto mayor sea el contenido de cemento; pero serán menos plásticos y menos permeables al vapor de agua.

Este tipo de morteros se pueden utilizar en todas las partes de los edificios.

Los materiales utilizados deben responder a las siguientes características:

- La cal apagada debe ser cálcica, se usarán los tipos EN 459-1 CL 90-S, CL 80-S y CL 70-S.
- El cemento debe cumplir con las especificaciones de las normas UNE-EN 197-1.2001, los cementos comunes, y UNE 80-305.1996, los cementos blancos. Se recomienda utilizar cemento Pórtland Tipo CEM I o CEM II / A-P 42,5R en el primer caso y cementos blancos BL II 42,5R.
- El agua no se debe añadir en exceso, para evitar la segregación.
- La arena debe ser limpia, con un tamaño máximo adecuado como se ha dicho anteriormente. Generalmente, no es recomendable que el tamaño máximo sea superior a 4 mm.

Para la utilización de estos morteros como revestimientos, se debe tener en cuenta su compatibilidad con los materiales de los soportes (naturaleza, resistencias, etc.). A veces es necesario tener que realizar un tratamiento preparatorio del soporte para obtener una adherencia y estabilidad adecuada.

#### 2.2.4.1 Dosificaciones recomendadas

##### a) Condiciones del revestimiento.

La dosificación adecuada del mortero deberá tener en cuenta las condiciones del revestimiento sobre el que va a aplicarse, recomendándose lo que se indica en el tabla nº4

Tabla 4

Condiciones del revestimiento	Tipo de Mortero a elegir
<p><b>Situación de las paredes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes particularmente expuestas a la lluvia</li> <li>• Paredes particularmente expuestas a los choques y a la degradación</li> <li>• Paredes en zonas con altos índices de contaminación</li> <li>• Paredes en zonas con riesgo de agresiones por pintadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimiento de baja capilaridad</li> <li>• Revestimiento de características mecánicas elevadas.</li> <li>• Revestimientos poco rugosos.</li> <li>• Aplicación sobre la capa de acabado de un recubrimiento antigraffiti.</li> </ul>
<p><b>Condiciones atmosféricas durante aplicación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación en tiempo cálido o con fuerte viento.</li> <li>• Aplicación en tiempo frío, particularmente con acabados raspados</li> </ul>	

b) Dosificaciones del mortero

En la tabla 5, se indica como incide la dosificación del mortero en la variación de sus características principales.

Tabla 5

Sentido ascendente aumenta la resistencia mecánica  
Hacia la izquierda aumento de la retención de agua, adherencia y plasticidad  
Hacia la derecha aumento de la resistencia al hielo

Tipo de Mortero	
De CAL (Cal y Arena)	MIXTO (Cal, Cemento y Arena)
-	1:1:6
-	1:2:9
1:4	-
1:3	-
1:2	-

c) Soportes de bloques de hormigón, ladrillos y bloques de tierra cocida, Revestimiento en tres capas. Dosificación:

Primera capa:

Cemento Pórtland CEM I o CEM II de la clase 42,5  
500/600 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3 mm).

Segunda capa:

Cemento Pórtland CEM I o CEM II de la clase 42,5 ó 32,5  
200/350 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3 mm).

**Cal apagada (CL 90.S, CL 80.S, CL 70.S):**

100/150 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3 mm).

**Espesor de la capa:**

De 15 a 20 mm, según las tolerancias del soporte.

Se debe asegurar un recubrimiento en toda la superficie de, al menos, 10 mm.

**Tercera capa:**

**Cemento Pórtland de la clase CEM I o CEM II de la clase 42,5 ó 32,5**

100/250 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3 mm).

**Cal apagada (CL 90.S, CL 80.S, CL 70.S):**

50/150 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3 mm).

Espesor de la capa De 5 a 7 mm.

**d) Soportes de hormigón celular:**

Los revestimientos sobre bloques de hormigón celular se deben realizar en tres capas:

**Primera capa:**

**Cemento Pórtland CEM I o CEM II de la clase 42,5**

400 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3mm).

**Segunda capa:**

**Cemento Pórtland CEM I o CEM II de la clase 42,5**

0/100 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3mm).

**Cal apagada (CL 90.S, CL 80.S, CL 70.S):**

200/250 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3mm).

**Tercera capa:**

**Cemento Pórtland CEM I o CEMII de la clase 42,5 ó 32,5**

0/100 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3mm).

**Cal apagada (CL 90.S, CL 80.S, CL 70.S):**

100/200 kg por metro cúbico de arena seca (Tamaño máximo 3mm).

## 2.2.5 Caso particular de enyesado

El enyesado se emplea para renovar revestimientos y la fabricación de molduras, elementos decorativos de techos, etc.

La incorporación de cal apagada mejora la trabajabilidad, la adherencia, las resistencias mecánicas y a la intemperie.

Una dosificación utilizada tanto para interiores como para exteriores es la siguiente:

Yeso semihidrato	80 kilos
Cal apagada	15 kilos
Arena	60 kilos
Agua	50 litros

## **2.3 Puesta en obra de los revestimiento**

### **2.3.1 Preparación del soporte**

Para cualquier tipo de revestimiento, la naturaleza del soporte, en donde se aplique, debe ser compatible con los materiales del mortero. Por otra parte, el soporte debe estar suficientemente curado-endurecido y su capacidad de absorción de agua debe estar limitada.

El soporte debe estar limpio, exento de polvo, trazas de aceite, sales, productos de desencofrado y debe ser rugoso, en caso contrario, es necesario crear rugosidades en la superficie por picado, o colocar una malla metálica o de plástico, debidamente anclada.

En soportes a base de madera, se debe colocar una malla metálica para mejorar la adherencia del mortero.

El soporte se debe humedecer cuidadosamente para evitar la emigración del agua del mortero hacia dicho soporte, sobre todo en periodos calurosos; en el momento de aplicar el revestimiento debe tener la superficie humedecida.

Los revestimientos se realizarán sobre soportes previamente limpios y humedecidos adecuadamente, dándoles un espesor de 15 mm en el caso de revestimientos monocapas y si dicho espesor fuese mayor, el revestimiento se realizará en varias capas, siendo la más resistente mecánicamente la del interior.

En aquellos casos en los que se haya aplicado una capa previa para nivelar el soporte, esta capa debe quedar suficientemente rugosa para conseguir una buena adherencia de la capa siguiente, que se debe aplicar cuando la capa niveladora haya alcanzado un endurecimiento suficiente.

Esta capa debe ser humedecida previamente antes de aplicar la siguiente.



Transcurridas 24 horas de la ejecución del revestimiento, la superficie revestida se mantendrá húmeda hasta que el mortero haya fraguado.

### 2.3.2 Condiciones climáticas

El revestimiento no se debe realizar a temperaturas inferiores a 5 °C.

En tiempo caluroso, así como cuando exista un viento continuo, se debe proteger el revestimiento para evitar un secado muy rápido del mortero que lleva consigo una evaporación de parte del agua de amasado. Además, se genera una mala carbonatación y, por consiguiente, un mal endurecimiento. El revoco se puede disgregar o reducir a un material pulverulento.

### 2.3.3 Amasado del mortero

Se recomienda el amasado mecánico (empleo de amasadoras). El mortero una vez amasado debe tener una consistencia cremosa, untuosa y por tanto fácil de aplicar; es preciso evitar que sea demasiado fluido, porque es poco resistente y se fisura mucho.

### 2.3.4 Aplicación

La aplicación del revestimiento se puede hacer manualmente en 3 capas (o dos en soportes blandos) y mecánicamente en dos o una capa (monocapa).

Cuando el revestimiento se realiza en dos o más capas, una vez colocada la primera y antes de colocar la segunda es necesario esperar hasta que esta capa haya endurecido suficientemente.

La resistencia de las capas del revestimiento debe disminuir progresivamente desde el soporte hasta la capa de terminación, por lo que la dosificación de conglomerante debe disminuir en las diferentes capas.

**Primera capa:**

Denominada: capa de agarre o guarnecido. (Espesor 15 a 20 mm)

El mortero se debe proyectar sobre el soporte, ya sea manualmente o mecánicamente, asegurando el recubrimiento uniforme y sin sobrecarga de toda la superficie. La superficie de esta capa debe quedar rugosa para favorecer la adherencia de la segunda capa.

**Segunda capa:**

Denominada: cuerpo de enlucido o enlucido. (Espesor 15 a 20mm)

Esta segunda capa se aplica sobre la primera capa previamente humedecida; su superficie debe ser rugosa, como en el caso anterior. Esta segunda capa debe ser compacta y homogénea con una dosificación en conglomerante menor que en la capa primera.

Tercera capa:

Denominada: capa de terminación; revoco en exteriores o enlucido en interiores. (Espesor de 5 a 7 mm)

Esta capa tiene un papel esencialmente decorativo aun cuando también contribuye a la protección del revestimiento y a conservar su impermeabilidad.

Cuando el efecto decorativo se obtiene por empleo de áridos de diámetro grande proyectados sobre morteros frescos, el espesor de esta capa debe ser suficiente de tal modo que garantice la fijación correcta de dichos áridos.

La tercera capa se puede aplicar bien con llana o bien proyectada con una máquina y después fratasada con una llana, con una alisadora, peinada, etc. para conseguir el aspecto final. El raspado se puede hacer con el canto de la llana, con una regla de madera o de hierro o con una plancha con clavos. El cepillado se realiza con cepillo metálico o de raíces. Para las terminaciones con raspado, se recomienda utilizar en el mortero una arena suficientemente gruesa (Tamaño máximo de 3 a 4mm).

### 2.3.5 Caso de los diferentes morteros

#### 2.3.5.1 Mortero de cal cálcica apagada

En la aplicación de este tipo de morteros es necesario tener en consideración sobre todo en revestimientos exteriores, el espesor y las condiciones climáticas que puedan existir durante su ejecución (se recomienda que se realice entre 10 °C y 30 °C), así como evitar su realización en periodos demasiado secos, demasiado húmedos e invernales. Además, teniendo en cuenta el endurecimiento lento de la cal apagada por carbonatación se recomienda que el espesor sea inferior a 10 mm.

Durante la puesta en obra del revestimiento con cal, y durante varios días después de su aplicación, se debe proteger de la lluvia, del sol y del viento por medio de lonas. Este fenómeno se puede disminuir y aun anular. Utilizando como áridos, materiales puzolánicos activos (cenizas volantes, humo de sílice, puzolanas) o ladrillos molidos (polvo de ladrillo), siempre que tengan propiedades puzolánicas.

No obstante, lo anterior, la cal aérea apagada constituye, como se ha probado en múltiples realizaciones, un conglomerante muy recomendado para fabricar morteros para la restauración de monumentos por su bajísimo contenido de sales, porque resultan dúctiles y porosos y porque -sobre todo-garantizan el sellado y estucado exento de fisuraciones gracias a su pequeña velocidad de retracción.

Los morteros hechos con mezclas de cal apagada y de inertes seleccionados (procedentes del machaqueo-trituración -y polvo. a veces- de ladrillo, de mármol, de rocas, etc.) adquieren con el tiempo

características análogas a los de los paramentos y, en general, a las obras de fábrica, que se pretenden restaurar.

Estos revestimientos son perfectamente apropiados para soportes de prefabricados de yesos, de cerámicos, de hormigón, etc.

### 2.3.5.2 Mortero de cal cálcica apagada/yeso

La aplicación del mortero se hará de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- Una preparación del soporte muy cuidada.
- Puesta en obra manual en una capa de alrededor de 3 cm de espesor. Para espesores de 3 cm, el revestimiento se puede realizar de una sola pasada.

Para espesores mayores de 3 cm, conviene realizar pasadas sucesivas de 2 cm en un tiempo suficientemente corto para formar un conjunto homogéneo.

Cada capa debe tener un acabado rugoso antes de la aplicación de la capa siguiente para facilitar la adherencia entre ellas.

- La última capa se frata, se raspa, etc., según el acabado.
- Protección del revestimiento durante las primeras edades (colocar lonas o láminas de plástico contra la intemperie).

### 2.3.5.3 Mortero de cal cálcica apagada/cemento

Para la utilización de estos morteros como revestimientos, se debe tener en cuenta su compatibilidad con los materiales de los soportes (naturaleza, resistencias, etc.). A veces es necesario tener que realizar un tratamiento preparatorio del soporte para obtener una adherencia y estabilidad adecuada.

Los revestimientos se realizarán sobre soportes previamente limpios y humedecidos adecuadamente, dándoles un espesor de 15 mm en el caso de revestimientos monocapas y si dicho espesor fuese mayor el revestimiento se realizará en varias capas, siendo la más resistente mecánicamente la del interior.

En aquellos casos en los que se haya aplicado una capa previa para nivelar el soporte, esta capa debe ser suficientemente rugosa para conseguir una buena adherencia de la capa siguiente, que se debe aplicar cuando la capa niveladora haya alcanzado un endurecimiento suficiente y se haya humedecido.

La superficie revestida se mantendrá húmeda hasta que el cemento haya fraguado.

## 2.4 Soportes especiales

### 2.4.1 Muros de tierra apisonada (tapiales)

Los revestimientos a base de conglomerantes hidráulicos no son siempre compatibles con los materiales arcillosos. El conglomerante más adecuado para estos soportes es la cal apagada.

Con los morteros de cal apagada no es indispensable poner una malla; sin embargo, en el caso de puesta en obra de un revestimiento de gran espesor es necesario poner una malla, aun cuando es posible emplear una técnica antigua que consiste en crear una rugosidad para conseguir una adherencia del revestimiento y colocar soportes intermedios que repartan el peso del revestimiento (por ejemplo: puntas galvanizadas de 110 para muros de rugosidad elevada y de 80 para muros de mediana rugosidad). En estos casos, es necesario que la capa de terminación recubra perfectamente los clavos con objeto de tener un aspecto final satisfactorio.

En general, se puede utilizar la puesta en obra clásica y la preparación normal del soporte: limpieza del soporte y humectación del tapial con una lechada de cal (25 kilos de cal para 100 litros de agua).

### 2.4.2 Hormigón celular producido en autoclave

El hormigón celular producido en autoclave es un soporte débil; solo un revestimiento de cal aérea puede ser apropiado y proporcionar buenos resultados, aun cuando se recomienda realizar los revestimientos en tres capas, respetando la regla de la resistencia mecánica decreciente desde el soporte hasta la capa de acabado.

El soporte se debe humedecer y se le aplicará una lechada de cal.

### 2.4.3 Soportes antiguos

Los soportes antiguos son normalmente muros de fábrica de ladrillos y de piedras, o soportes con revestimientos antiguos, para los cuáles las operaciones preliminares que se deben efectuar con el fin de obtener un resultado correcto, son las siguientes:

- Sanear las juntas de 1 a 3 mm, limpiarlas con un cepillo, humedecerlas y, a continuación, rellenarlas con un mortero de cal aérea apagada. La humidificación de los soportes es fundamental para evitar que el muro no absorba de manera excesiva el agua del mortero.
- Picar las antiguas mamposterías de piedra, así como los revestimientos antiguos, limpiar la superficie eliminando todo el polvo que pueda existir por medio de un chorro de aire comprimido o de agua a presión.
- Reemplazar los bloques de materiales degradados o fisurados.
- Rellenar los huecos, las fisuras y toda la superficie localmente defectuosa.

- Bloquear la subida de humedad del suelo por capilaridad para impedir que los sulfatos alcalinos o cualquier otro producto nocivo puedan dar lugar a la formación de eflorescencias o, en determinados casos, a la formación de compuestos expansivos.

#### 2.4.4 Juntas de mampostería de piedra (restauración y construcciones nuevas)

Se distinguen dos casos:

- Si la piedra no presenta un paramento recto, se debe aplicar un revestimiento en dos capas, según la fórmula apropiada al soporte.
- Si la piedra presenta caras suficientemente levantadas, se hará un revoco parcial llamado “a piedra vista” para disimular las irregularidades de planimetría, con una tolerancia de ( $\pm 2$  mm con relación a las partes derechas no revestidas. La junta vendrá a morir sobre la piedra. El mortero se proyectará y compactará y el exceso de mortero se enrasará con el canto de la llana.

Esta operación elimina la lechada y conserva la textura y el color de la arena.

Se rechazarán: las juntas con burletes, las alisadas con hierro o con cepillo, así como las juntas huecas.

### 2.5 Algunos consejos complementarios

- El revestimiento presenta el color resultante de la combinación de los colores de sus componentes pudiendo modificarse este por la adición de pigmentos inorgánicos. En este último caso, la adición del pigmento no debe sobrepasar el 5% del peso de la cal apagada.
- Para evitar los retoques y las reanudaciones que se traducen por diferentes tonalidades, se recomienda ejecutar cada entrepaño de una sola vez.
- Se debe evitar la realización de revestimientos cuando la temperatura tenga el riesgo de descender por debajo de 5 °C, o con temperaturas altas, a pleno sol o con viento fuerte. El revestimiento se debe proteger de la lluvia durante algunos días. El soporte se debe humedecer cuidadosamente para evitar que el revestimiento se seque.
- El tiempo de secado entre cada capa puede variar entre uno o varios días, dependiendo de la naturaleza del revestimiento, de las condiciones climáticas y de la puesta en obra.
- Para evitar los ascensos de humedad por la fachada, se aconseja practicar un corte con un disco en el revestimiento exterior aproximadamente a 60 mm del suelo. Estos primeros 60 mm se deben colocar, preferentemente, con la llana. En el caso de que la base del muro esté expuesta a proyecciones de agua, se aconseja:
- En soportes duros, utilizar en su parte inferior solamente un conglomerante hidráulico.
- Sobre un soporte de tapial, piedra, hormigón celular o ladrillo, pulverizar un hidrófugo en la superficie.

## 3 Encalado con cal apagada

### 3.1 Generalidades

Por ser un procedimiento económico e higiénico, el encalado se ha utilizado en otros tiempos para pintar los muros interiores y exteriores.

Los encalados considerados se aplican mediante una lechada de cal (1 parte de cal apagada por 5 de agua, en volumen).

Los encalados permiten obtener colores "acuarelados", transparentes, superponiendo 2 ó 3 capas de tintes diferentes sobre un fondo claro y uniforme. Secan rápidamente y se deben aplicar en el revestimiento húmedo o humedecido. Pueden tener un efecto de sellado de los revestimientos microfisurados o agrietados y pueden eliminar los defectos relacionados con su aspecto (amasado, falta de blancura, mala dispersión de los colorantes).

Para conseguir un encalado estable se debe utilizar una adición de acetato de polivinilo.

En el caso de usar fijativos para obtener colores más vivos se aconseja realizar previamente ensayos con el fijativo elegido.

### 3.2 Puesta en obra

#### 3.2.1 Preparación del soporte

Los encalados se deben aplicar sobre fondos sólidos, limpios, sin polvo y no harinosos; además, deben tener una determinada rugosidad. El encalado no tiene adherencia sobre revestimientos que contengan impermeabilizantes y sobre pinturas de resinas sintéticas. Cuando los encalados se realizan sobre un revestimiento, a las dos a cuatro horas después de su puesta en obra, la capa de acabado se denomina "al fresco". Pasado este tiempo, los encalados no se pueden aplicar antes del endurecimiento completo del soporte; en este caso se denominan "en seco", siendo necesario humedecer el soporte antes de cada capa, especialmente, en periodos secos muy soleados, con viento fuerte o sobre fondos muy absorbentes.

#### 3.2.2 Preparación del encalado

Con el fin de evitar los empalmes, es necesario preparar de una sola vez las cantidades necesarias para una capa. Un agitador eléctrico facilita el mezclado y evita la formación de grumos durante el mezclado de la cal con el agua, asegura la dispersión homogénea

de los colorantes y permite evitar la sedimentación de la cal. La mezcla se guarda sin dificultad de un día para otro si no contiene aditivos, ya que la cal apagada no endurece al contacto con el agua.

Dosificación de la mezcla:

Según la transparencia deseada, la dosificación variará de 1 volumen de cal por 2 volúmenes de agua a 1 volumen de cal por 5 volúmenes de agua.

El peso de las cargas colorantes no podrá exceder jamás un 10% con relación al peso del conglomerante seco para los óxidos y de un 25% para las tierras.

Generalmente, se emplea la mezcla siguiente:

25kg de cal en 100 litros de agua más 2 litros de solución comercial de acetato de polivinilo.

### 3.2.3 Aplicación del encalado

El encalado no se debe aplicar cuando la temperatura del soporte sea inferior a 5 °C, ni sobre soportes que se hayan tratado con productos de curado.

Se debe utilizar una brocha flexible (nunca de nylon) o un pincel denso; la aplicación se hará de arriba hacia abajo.

Después del humedecimiento, se aplicará una primera capa blanca para unificar el soporte y 24 horas después la segunda capa, blanca o coloreada.

### 3.2.4 Observaciones

- Los encalados de cal aérea apagada se pueden aplicar perfectamente sobre los revestimientos hechos a base de yeso.
- Los colores se aclaran al secarse. Las zonas de sombra se difuminan con el tiempo.
- Es necesario humedecer ligeramente la 1ª capa antes de aplicar la segunda.
- Se aconseja añadir un poco de jabón líquido (sirve de agente humectante) en la segunda capa cuando se colorea, a razón de 5 ml por 10 litro de lechada de cal, para que el conjunto se vuelva más homogéneo y se facilite la dispersión de los colorantes.

### **3.3 Utilizaciones especiales de los encalados**

#### **3.3.1 Tratamiento de la madera**

La lechada de cal destruye e impide el desarrollo de bacterias, por elevación del pH del agua contenida en la madera. El recubrimiento ulterior de los paneles de madera refuerza la acción desinfectante de los encalados.

#### **3.3.2 Desinfección por encalado de muros de bodegas, sótanos, granjas etc**

La lechada de cal destruye las bacterias y las larvas, proporcionando un aspecto más agradable al local.



## 4 Precauciones que se deben tomar durante la utilización de la Cal Viva o Apagada

Las cales vivas o apagadas no son materiales tóxicos; sin embargo, teniendo en cuenta su alcalinidad se aconseja una protección adecuada durante su manipulación, porque pueden provocar irritación en las mucosas nasales. Cuando se utilice la cal viva evitar el contacto con pieles húmedas.

En cualquier caso, se deben seguir las instrucciones de seguridad que son suministradas por el fabricante de cal.

## 5 Algunas dosificaciones Ejemplos

### 5.1 Dosificaciones de Mortero

Conglomerante/Árido=1 parte/3 partes (en volumen)

Notas: Como regla general el contenido de arena no debe ser menor 2 1/4 ni mayor de 3 veces la suma de los volúmenes de cemento más cal utilizados.

Dosificaciones			
	Conglomerante	Arenas	Resistencia MPa*
1ª	Cal apagada 1 parte	Caliza molida 1/3 mm 3 parte	1,1
2ª	Cal apagada 1 parte	Caliza molida 1/3 mm 2 partes polvo de mármol <0,3 mm 1 parte	0,8
3ª	Cal apagada 1/2 Cemento blanco 1/2	Caliza molida 1/3 mm 1 parte Ladrillo molido 1/3 mm 1 parte	16

\* 1MPa=10Kg/cm<sup>2</sup>=1  $\frac{N}{mm^2}$

# Los morteros M-20,40,80 y 160 de FL-90 “Muros resistentes de fábrica de ladrillo”

## Norma Básica de la Edificación-NBE

Mortero Cemento:cal:arena	Dosificación Volumen	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Peso mezcla	Dosificación en peso por tonelada de mortero seco kg	Resistencia MPa
1:2:10 Cemento Cal apagada Arena	1 2 10	1,1 0,4 1,5	1,1 0,8 15	65 47 888	2
1:1:7 Cemento Cal apagada Arena	1 1 7	1,1 0,4 1,5	1,1 0,4 10,5	91 33 876	4
1:0,5:7 Cemento Cal apagada Arena	1 $\frac{1}{2}$ 7	1,1 0,4 1,5	1,1 0,2 10,5	93 17 890	8
1:1/4:3 Cemento Cal apagada Arena	1 $\frac{1}{4}$ 3	1,1 0,4 1,5	1,1 0,1 4,5	192 18 790	16

## Conversión de VOLUMEN EN PESO

### Densidades aparentes

Cemento	1,1 kg/m <sup>3</sup>
Cal apagada	0,4 kg/m <sup>3</sup>
Arena	1,5 kg/m <sup>3</sup>

Peso mezcla del mortero 1:2:10	Kg	Peso total	Dosificación por tonelada
Cemento	1x1,1=1,1	1,1+0,8+15=16,9 kg	65 kg cemento
Cal apagada	2x0,4=0,8		47 kg cal apagada
Arena	10x1,5=15		888 kg arena

## Dosificación en volumen de los morteros para enfoscados

Tipo de mortero	cemento	Cal apagada	Arena
Mortero de cal apagada en pasta Recomendado para restauración		1 1	3 4
Mortero de cal apagada en polvo Recomendado para solados de mármol y arcilla cocida		1 1	3 4
Mortero mixto Recomendado para obra nueva	1 1	1 2	6 9
Los enfoscados en obras antiguas deben realizarse con pasta de cal Los morteros mixtos pueden amasarse con cal apagada en polvo			

## Dosificaciones de las masas de los estucos

Tipo de masa	uso	Cal apagada	Tamaño máximo de la arena (mm)			
			2,5	1,2	0,8	0,4
magra	Primera capa sobre enfoscado regleteado	156Kg	125Kg	50Kg	25Kg	
magra	Primeras capas sobre enfoscados fratasados	156Kg		150Kg	25Kg	
magra	Primeras capas y repretados	156Kg			175Kg	
grasa	Acabado de estucos de textura fina	156Kg			50Kg	25Kg

## Los pigmentos para el ESTUCO

<b>Amarillo óxido de hierro</b>	<b>Rojo óxido de hierro</b>	<b>Verde óxido de cromo</b>
Resistencia a los álcalis 5 Resistencia a los ácidos 5 Otros nombres Amarillo Marte Sustituto artificial: Ocre amarillo	Resistencia a los álcalis 5 Resistencia a los ácidos 5 Otros nombres Rojo Marte Sustituto artificial: Tierra roja	Resistencia a los álcalis 5 Resistencia a los ácidos 5  Sustituto artificial: Tierra verde
<b>Azul de cobalto</b>	<b>Marrón óxido de hierro</b>	<b>Negro óxido de hierro</b>
Resistencia a los álcalis 5 Resistencia a los ácidos 5 Otros nombres Azul de thenard Ultramar de cobalto Azul de Viena	Resistencia a los álcalis 5 Resistencia a los ácidos 5 Otros nombres Marrón Marte Sustituto artificial: Tierra Siena	Resistencia a los álcalis 5 Resistencia a los ácidos 5 Otros nombres Negro Marte Sustituto artificial : Negro humo
Nota : Aparte de los colores puros los fabricantes suministran una serie de tonalidades intermedias del amarillo, rojo y marrón. La resistencia a los álcalis y a los ácidos se valora del 1 al 5		

## Bibliografía

Lime and Lime Mortars. AD Cowper, Donhead Publishing LTD.  
ISBN 1-873394-27-6 (2000)

Observations on Limes. CW Pasley, Donhead  
ISBN 1-873394-27-6 (1997)

Cales y Cementos. L Mazzocchi (1919)

Building with Lime. Stafford Holmes and Michael Wingate  
WC 1 B 4H14, UK (2000)

Techniques et pratique dela Chaux. Ecole D'Avignon (2001)

UNE EN 459 -1,2 y 3

Durability of Mortar and Masonry. Efflorescence of Masonry  
NLA Arlington, VA 22201 (1989)

Guia Práctica de La Cal y el Estuco  
Editorial de los oficios - León

## Miembros

### ANDALUZA DE CALES, S.A.

Ctra. Morón - Montellano km 3  
41530 Morón de la Frontera (Sevilla)  
Teléfono: 95 485 11 12 - Fax: 95 485 29 59  
Fábrica en Ctra. Morón - Montellano km3 (Morón de la Frontera)

### CAL DE CASTILLA, S.A.

Ctra. de Valencia km 31  
28500 Arganda del Rey (Madrid)  
Teléfono: 91 871 54 81 - Fax: 91 870 08 67  
Fábrica en Ctra. de Valencia km 31 - (Arganda del Rey)

### CALCINOR, S.A.

Apdo. Correos, 219  
20400 TOLOSA (Guipuzcoa)  
Teléfono: 943 65 32 43 - Fax: 943 65 48 95  
Fábrica en Alizo (Guipuzcoa)

### CALESTEP, S.L.

Pozo de la Albuja s/n  
41560 Estepa (Sevilla)  
Teléfono: 95 591 26 96 - Fax: 95 591 29 08  
Fábrica en Pozo de la Albuja (Estepa)

### CAL GOV, S.A.

Ctra. Fuente de Santiago km 2,5  
41560 ESTEPA (Sevilla)  
Teléfono: 95 591 26 00 - Fax: 95 591 28 99  
Fábrica en Ctra. Fuente de Santiago km 2,5 (Estepa)

### CALERAS GUIPUZCOANAS S.A.

Apdo. Correos, 219  
20400 TOLOSA (Guipuzcoa)  
Teléfono: 943 65 32 43 - Fax: 943 65 48 95  
Fábrica en Mondragón (Guipuzcoa)

### CAL INDUSTRIAL, S.A.

Pedro I, 19-21  
31007 Pamplona (Navarra)  
Teléfono: 948 26 85 11 - Fax: 948 17 02 02  
Fábrica en Tiebas (Navarra)

### CALES DE LA PLANA, S.A.

La Pedrera s/n  
12592 Chilches (Castellón)  
Teléfono: 964 59 01 05 - Fax: 964 58 30 46  
Fábrica en La Pedrera s/n (Chilches)

### CALERAS DE LISKAR, S.A.

Barrio de Liskar s/n  
31487 Liedena (Navarra)  
Teléfono: 948 87 03 89 - Fax: 948 43 02 83  
Fábrica en Liskar (Liedena)

### CALES DE LLIERCA, S.A.

17853 Argelaguer (Girona)  
Teléfono: 972 68 70 20 - Fax: 972 68 74 16  
Fábrica en Argelaguer (Girona)

**CALES DE PACHS, S.A.**

Montaña de San Jaime, afueras  
08796 Pacs del Penedes (Barcelona)  
Teléfono: 93 890 30 11 - Fax: 93 890 36 89  
Fábrica en Montaña de San Jaime  
(Pacs del Penedes)

**CALES PASCUAL, S.L.**

Ctra. Valencia - Ademuz km 9,3  
43980 Paterna (Valencia)  
Teléfono: 96 132 12 73 - Fax: 96 132 43 58  
Fábrica en Ctra. Valencia - Ademuz km 9,3 (Paterna)

**CALERAS DE SAN CUCAO, S.A.**

33425 Agüera - San Cuccao de Llanera (Asturias)  
Teléfono: 98 577 08 58/98 577 08 25 - Fax: 98 577 08 25  
Fábrica en Agüera (Asturias)

**COMPAÑIA ESPAÑOLA DE INDUSTRIAS ELECTROQUIMICAS (CEDIE),S.A.**

Avda. de Galicia, 20  
32300 O'Barco de Valdeorras (Orense)  
Teléfono: 988 68 20 00 - Fax: 988 68 20 10  
Fábrica en O'Barco de Valdeorras (Orense)

**COMERCIAL E INDUSTRIAL ARIES, S.A.**

Ctra. de Gavá a Avinyonet km 16  
08795 Olesa de Bonesvalls (Barcelona)  
Teléfono: 93 898 41 40 - Fax: 93 898 42 27  
Fábrica en Ctra. de Gavá a Avinyonet km 16 (Olesa de Bonesvalls)  
Fábrica en la Puebla Albortón (Zaragoza)  
Paraje Monsarro s/n

**DERIVADOS CALCICOS S.A. (DECSA)**

Pont Major - Despoblado, 14  
17007 Girona  
Teléfono: 972 20 73 50/972 20 98 93 - Fax:972 21 36 36  
Fábrica en Pont Major - (Girona)

**DOLOMITAS DEL NORTE, S.A.**

Barrio de Santullan s/n  
39706 Castro Urdiales (Cantabria)  
Teléfono: 942 87 92 94 - Fax: 942 87 93 00  
Fábrica en Castro Urdiales (Cantabria)

**PRERECAL S.L.**

Oficina y Fábrica en Paraje Pico del Aguila s/n  
28530 Morata de Tajuña (Madrid)  
Teléfono: 91 873 00 72 - Fax: 91 873 90 65

**TUDELA - VEGUÍN, S.A.**

Argüelles, 25  
33003 Oviedo (Asturias)  
Teléfono: 98 598 11 00 - Fax: 98 598 11 06  
Fábrica en Tudela - Veguín (Asturias)