

La Tecnología de los Morteros

RODRIGO SALAMANCA CORREA*

INTRODUCCIÓN

En la Ingeniería Civil, y a propósito de los materiales de construcción, se ha dado a lo largo de las últimas décadas un importante desarrollo de la tecnología del concreto, toda vez que éste ha sido un material que ha permitido un invaluable avance de las técnicas constructivas gracias a los niveles de resistencias alcanzados, y a que dicho material ha mostrado que siendo trabajado bajo condiciones técnicas adecuadamente controladas, es un material de gran durabilidad. El mortero, por su parte, aun cuando se le podría considerar como una clase especial de concreto, que sólo contiene agregados finos, pero que en sus componentes es básicamente igual a aquel, no ha experimentado el mismo grado de desarrollo práctico, o por lo menos ha sido considerado injustamente como de 'clase inferior', a pesar de su indiscutible utilidad y de su universalidad de usos en las obras. Es entonces el propósito del presente artículo, recopilar una serie de informaciones básicas sobre los morteros, a fin de resaltar aquellos as-

*Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de la Facultad de Ingeniería y Director de Laboratorios de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada.

pectos que a criterio del autor merecen mayor atención en aras de conseguir un apropiado comportamiento del material, y en consecuencia mejorar la calidad de las obras.

DEFINICIÓN

Mortero, en su definición más general es toda mezcla de [cemento + arena + agua]. Él puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función.

- De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra¹.
- De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación 1:n (1:3 ó 1:4, etc.), queriendo indicar partes de cemento:arena; sin embargo, bajo esta denominación se ha incurrido casi siempre en un error implícito por lo siguiente:
 - No es claro si se trata de partes en masa o en volumen.
 - Varios morteros con la misma relación 1:n, y con igual manejabilidad, pueden arrojar diferentes resistencias a compresión a los 28 días, en razón de la granulometría de la arena utilizada².

Como quiera que uno de los usos fundamentales de los morteros es el referido a la mampostería, se definen entonces por las normas las siguientes categorías:

Morteros premezclados húmedos: son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados, agua y eventualmente aditivos, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. Puede tratarse de morteros convencionales o morteros de larga vida que permiten

su almacenamiento en estado fresco hasta 48 horas, de forma que su proceso de fraguado sólo se inicia una vez entra en contacto con las unidades de mampostería.

Morteros premezclados secos: son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados secos y aditivos en polvo, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. El proceso de mezclado del mortero seco debe concluirse en el sitio de la obra, con la adición controlada de agua, siguiendo recomendaciones del fabricante.

EVOLUCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE MORTEROS

Cronológicamente pueden diferenciarse varias etapas en la fabricación de mampostería con distintas clases de mortero, así:

- Primeras construcciones de mampostería elaboradas con piedras y mortero de barro.
- Utilización de morteros de arcilla.
- Descubrimiento de la cal apagada hecha a partir de la cal viva para la elaboración de morteros.
- Morteros de cal y arena usados en mampostería poco antes de la aparición del cemento Portland a mediados del siglo XIX; son morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de excelente resistencia a compresión y de fraguado rápido.
- Morteros modernos de mampostería elaborados con cal, arena y cemento Portland, beneficiándose de las propiedades de cada uno de esos componentes.

MORTEROS PARA MAMPOSTERÍA

En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen

total del material: no obstante su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje. Por esta razón se considera de fundamental importancia el capítulo de la mampostería dentro del tema de los morteros; sus funciones son:

- Función estética: dar acabado al muro, colorido, textura, etc.
- Función estructural:
 - ▲ Liga las unidades de mampostería;
 - ▲ Sello para impedir penetración de aire y de agua
 - ▲ Se adhiere al refuerzo de las juntas, a los amarres metálicos y a pernos anclados, de modo que los hace actuar conjuntamente.
 - ▲ De ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida.

CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS DE MAMPOSTERÍA

De acuerdo con la norma ASTM C 270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones³. Toda especificación debe hacerse por una sola categoría de las indicadas, pero no por ambas (son excluyentes).

La especificación por propiedades (resistencia a la compresión, retención de agua y contenido de aire), adquiere sentido para efectos de diseño con base en pruebas de laboratorio, mas no para morteros mezclados en obra. Se asume que las proporciones establecidas en laboratorio son las que se emplearán al mezclar en obra, esperándose del producto un comportamiento satisfactorio. En el cuadro No. 1 se muestra tal clasificación, referida a los morteros de cemento y cal.

La especificación por proporciones se basa en el conocimiento previo de los pesos unitarios de los materiales componentes del mortero; en el cuadro No. 2 se muestra tal clasificación para los morteros de cemento y cal.

Cuadro No. 1 - Especificación por propiedades, para morteros de cemento y cal, preparados en laboratorio

Tipo De Mortero	Resistencia mínima a la compresión a 28 días, Kg/cm ² (Mpa)	Retención mínima de agua, %	Contenido máximo de aire, %	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
M	175 (17.0)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
S	125 (12.5)	75	12	
N	50 (5.0)	75	14 *	
O	25 (2.5)	75	14 *	

* Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal el contenido máximo de aire debe ser del 12%

Cuadro No. 2 - Especificación por proporciones, para morteros de cemento y cal

Tipo de Mortero	Proporciones por volumen (Materiales cementantes)		Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
	Cemento Portland o Portland Adicionado	Cal hidratada o apagada	
M	1	0.25	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
S	1	0.25 a 0.50	
N	1	0.50 a 1.25	
O	1	1.25 a 2.50	

En la práctica lo recomendable es especificar el mortero con la resistencia más baja, que se ajuste a los requisitos del trabajo. Es importante anotar además que:

- Cuando se especifique un mortero de resistencia baja, éste no puede ser sustituido indiscriminadamente por otro mortero de mayor resistencia.
- No se deben cambiar las proporciones del mortero premezclado diseñado para una obra en particular, ni emplear materiales con características físicas diferentes en la mezcla, a menos que se restablezca su conformidad con los requisitos de la norma.

CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO 'M':

- Es una mezcla de alta resistencia
- Ofrece más durabilidad que otros morteros
- Se recomienda para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes car-

gas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes, temblores.

- Se debe usar en estructuras en contacto con el suelo: cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas negras, pozos, etc.

CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO 'S':

- Es un mortero que alcanza la más alta característica de adherencia que un mortero puede alcanzar.
- Debe usarse para las estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que requieran a la vez de una alta característica de adherencia.
- Debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosines de barro cocido, etc.

CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO 'N':

- Es un *mortero de propósito general*, para ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo
- Es bueno en enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones
- Representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía
- Usualmente las mezclas de tipo N, alcanzan cerca de 125 kg/cm² (1800 psi) de resistencia a la compresión, en los ensayos de laboratorio. Debe tenerse presente que la calidad de mano de obra, la succión propia de los elementos de mampostería y otras variables afectan su resistencia una vez colocado

CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO 'O':

- Es un mortero de baja resistencia y con un alto contenido de cal
- Puede usarse en paredes y divisiones sin carga o para revestimientos exteriores que no estén sometidos a congelamiento, aun cuando puedan estar húmedos
- Son usuales en construcciones de vivienda de uno o dos pisos
- Por su excelente trabajabilidad y bajo costo, son morteros preferidos por los albañiles

CORRELACIÓN ENTRE MORTEROS Y PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

El tipo de mortero usado en cada obra debe correlacionarse con las piezas de mampostería, bloques o ladrillos, a efecto de evaluar su compatibilidad, y garantizar una fuerte adherencia, que evite la entrada de agua al muro. Así, tratándose del uso de piezas de mampostería con gran tasa inicial de absorción, son de mejor compatibilidad los morteros

de gran retención de agua (tipo O). Esto significa que ladrillos de mucha absorción deben combinarse con morteros de alto contenido de cal. Por el contrario, para ladrillos de poca absorción los ensayos indican que es más conveniente el uso de mortero con mayor contenido de cemento que de cal (Morteros tipo S o M).

La razón por la cual deben usarse morteros de cemento y cal es explicada por Walker y Gutschick⁴, de la siguiente manera: la cal hidratada tipo S (hecha de cal viva dolomítica, y que contiene cantidades iguales de hidróxido de Magnesio e hidróxido de Calcio, y cuyos tamaños de partículas son del orden de 500 veces menores que las de cemento), actúa de la siguiente manera:

- Mejora la plasticidad del mortero
- Mejora notablemente la retención de agua
- Incrementa la adherencia entre mortero y piezas de mampostería
- Incrementa la ductilidad y flexibilidad del mortero
- Ayuda a evitar la eflorescencia
- Cura fisuras pequeñas
- Contribuye ligeramente a la adquisición de resistencias finales

GRANULOMETRÍA RECOMENDADA PARA LAS ARENAS DE MORTEROS DE PEGA Y DE RELLENO

Las normas recomiendan un uso granulométrico según se trate de arena natural o arena de trituración, que se presenta en el cuadro No. 3, donde además se incluye, con fines comparativos, la recomendación de arenas para concreto, y los valores de módulos de finura respectivos.

Recomendaciones adicionales, respecto de la granulometría: no basta solamente con el cumplimiento de la granulometría, sino que además deben considerarse otros parámetros de importancia, que Sandino⁵ describe así:

1. La arena no debe tener más del 50% retenido entre dos tamices consecutivos, ni más del 25% retenido en el tamiz de 0.15 mm (No. 100) y que pase del tamiz de 0.30 mm (No. 50)
2. Si el módulo de finura varía en más de 0.20 del valor asumido para escoger las proporciones del mortero, la arena debe rechazarse a menos que se modifiquen las proporciones de la mezcla para compensar el cambio.
3. Cuando la junta tenga más de 10 mm de espesor, es conveniente usar arenas más gruesas
4. Cuando las juntas sean muy delgadas se usan arenas que pasan totalmente el tamiz de 2.4 mm (No. 8) y 95% el tamiz de 1.2 mm (No. 16)

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MORTEROS DE PEGA

Resistencia a la compresión: se controla mediante la elaboración de cubos de mortero de 5 cm de arista, o de cilindros de 7.5 cm (3") de diámetro y 15 cm (6") de altura; o de cilindros de 10 cm (4") de diámetro y 20 cm (8") de altura. El uso de los cubos, siendo un procedimiento dispendioso y de cuidado, más apropiado para laboratorio, no es recomendable en obra. Es preferible el uso de cilindros, fundidos en tres capas, 25 golpes, varilla redondeada de 9.5 mm, mazo de caucho, etc.; los ensayos usuales son a 7 y 28 días de edad.

Ensayo de retención de agua: es un ensayo mediante el cual una muestra de mortero se somete a succión mediante un aparato que permite aplicar vacío de 50.8 mm de mercurio durante 60 segundos, de acuerdo con la Norma ASTM C91⁶. El valor del flujo obtenido después de este tratamiento, expresado como porcentaje del flujo medido antes de la succión, es la capacidad de retención de agua del mortero.

Cuadro No. 3 - Especificación granulométrica de arenas para morteros de pega y de relleno

% que pasa el tamiz, mm (No.)	Arena natural	Arena de trituración	Arena para concreto
4.8 (No. 4)	100	100	95 - 100
2.4 (No. 8)	95 - 100	95 - 100	80 - 100
1.2 (No. 16)	70 - 100	70 - 100	50 - 85
0.6 (No. 30)	40 - 75	40 - 75	25 - 60
0.3 (No. 50)	10 - 35	20 - 40	10 - 30
0.15 (No. 100)	2 - 15	10 - 25	2 - 10
0.75 (No. 200)	0 - 0	0 - 10	—
Módulo de finura	2.83 - 1.75	2.65 - 1.60	3.38 - 2.15

MORTEROS DE RELLENO PARA CELDAS DE MAMPOSTERÍA

Los morteros para llenar las celdas de los muros de mampostería pueden ser finos o gruesos, de acuerdo con la propia dimensión de las celdas de los bloques:

- Cuando las celdas tienen más de 10 cm de lado, puede usarse una mezcla con agrega-

do grueso hasta de 9.5 mm de tamaño máximo nominal; la arena tiene la misma especificación granulométrica que la de morteros de pega.

- Cuando es posible usar mezclas gruesas para el mortero de relleno, se recomienda que la gravilla tenga la granulometría indicada en el cuadro No. 4.

Cuadro No. 4 - Especificación granulométrica de las gravillas usadas en mezclas de morteros para relleno de celdas de mampostería.

% que pasa el tamiz, mm (No.)	Gradación 1	Gradación 2
12.5 (1/2")	100	100
9.5 (3/8")	85 - 100	90 - 100
4.8 (No. 4)	10 - 30	20 - 55
2.4 (No. 8)	0 - 10	5 - 30
1.2 (No. 16)	0 - 5	5 - 10
0.6 (No. 30)	0 - 0	0 - 5

PROPORCIONES DE LOS MORTEROS DE RELLENO

Recomiendan las normas para los morteros de relleno, el uso de las proporciones indicadas en el cuadro No. 5.

Cuadro No. 5 - Proporciones recomendadas para morteros de relleno de celdas de mampostería.

Material	Mortero Fino	Mortero Grueso
Cemento	1 parte	1 parte
Cal	0 a 0.1 del cemento	0 a 0.1 del cemento
Arena	2.25 a 3.0 partes	2.25 a 3.0 partes
Gravilla	---	1 a 2 partes

Nota: las partes de arena y gravilla se refieren a la suma del cemento y la cal.

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MORTEROS DE RELLENO

Resistencia a la compresión: se controla mediante la elaboración de cilindros de 7.5 cm (3") de diámetro y 15 cm (6") de altura; o cilindros de 10 cm (4") de diámetro y 20 cm (8") de altura. Estos últimos son prácticos, por cuanto los moldes pueden ser utilizados indistintamente para los morteros y para la gran mayoría de concretos. El procedimiento de elaboración es el mismo de los cilindros de concreto, excepción hecha del diámetro de la varilla de compactación, que en el presente caso es de 9.5 mm (3/8").

Retención de agua: es el mismo ensayo que se efectúa para las mezclas de morteros de pega.

CONCLUSIÓN SOBRE PROPIEDADES IMPORTANTES DE LOS MORTEROS

1. Manejabilidad: especialmente importante en morteros de relleno de celdas. Depende principalmente del contenido de agua, del uso de aditivos, de la forma y textura de los agregados y de la finura del cemento. Se evalúa mediante ensayo de mesa de flujo o método del cono de penetración.
2. Retención de agua: debe ser alta, para evitar agrietamientos y pérdida de resistencias. Se logra con el uso de la cal o aditivos.
3. Retracción de secado: es alta en morteros (alto contenido de pasta) y por tanto debe tratar

de disminuirse. Se recomienda emplear bajos contenidos de cemento, bajo contenido de finos y en lo posible cementos adicionales. Debe ser curado tan rigurosamente como el hormigón.

4. Resistencias mecánicas: especialmente a la compresión. Depende de la relación A/C y de la adición usada, y muy especialmente de la granulometría de la arena, la cual se establece mediante el módulo de finura. La arcilla disminuye esas resistencias, por lo cual es indispensable controlar su inclusión a través de las arenas sucias.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma Técnica Colombiana, NTC 3356. "Mortero premezclado para Mampostería". Icontec, Bogotá, 2000.
2. SALAMANCA Correa, Rodrigo. "Dosificación de morteros, diseño de mezclas de mortero". Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1984.
3. BEALL, Christine. "Los tipos de mortero para mampostería". En Mortero - Recopilación de artículos de la Revista "Masonry Construction" del Aberdeen Group. Illinois, USA, 1994.
4. WALKER, Dan y GUTSCHICK, Ken "¿Porqué usar mortero de cal y cemento? En Mortero - Recopilación de artículos de la Revista "Masonry Construction" del Aberdeen Group. Illinois, USA, 1994.
5. SANDINO Pardo Alejandro. "Morteros", en "Tecnología del Concreto", texto de la Asociación de Ingenieros Civiles de la Universidad Nacional de Colombia, AICUN, Bogotá, 1988.
6. ASTM C 91. Specification for Masonry Cement.