

ESTUDIO DEL SURGIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS MORTEROS EN LA CONSTRUCCIÓN

**Ing. Liset León Consuegra¹, Ing. Argelio Vázquez Rodríguez¹, Dr.C. Magali Torres
Fuentes¹**

*1. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Autopista Matanzas-
Varadero km 3 y 1/2, Matanzas, Cuba.*

Resumen

Los morteros han sido utilizados desde los albores de la civilización en la construcción, donde han cumplido importantes funciones ya sean decorativas o estructurales. Su surgimiento está ligado al descubrimiento y perfeccionamiento de agentes aglomerantes naturales o artificiales, así surgen los morteros de yeso, cal, puzolánicos, de cemento portland y los de limo. El desarrollo de los mismos se ha visto influenciado por los avances tecnológicos y la aparición de nuevos materiales para la construcción, ejemplo de ello son los morteros restauradores de estructuras, empleados en la restauración y rehabilitación los que presentan elevada resistencia mecánica y expansión controlada evitando así el problema de la fisuración. Sin embargo, la durabilidad de los mismos se puede afectar por el ambiente donde se aplica el producto y su elevado costo limita su utilización. El objetivo de la investigación es estudiar el estado del arte del surgimiento y desarrollo de los morteros. El método utilizado es el histórico -lógico. Entre los resultados está el estudio del estado del arte del surgimiento y desarrollo de los morteros.

Palabras claves: Mortero, Surgimiento, Desarrollo, Yeso, Cal, Portland, Restauradores de Estructuras.

Introducción

Los morteros utilizados en la construcción de edificios y defensas, alternativo a otros materiales como la piedra o madera, donde cumplen importantes funciones: estructurales, al constituir el material de base para la construcción de muros, paredes, cubiertas, armado en estructuras de ramas, palmas, maderas y de unión y asentamiento de bloques de piedra, de ladrillos que forman los elementos constructivos (paramentos, columnas).

Objetivo general: Estudiar el estado del arte del surgimiento y desarrollo de los morteros.

Desarrollo

Diversos autores con el transcurso de los años han planteado variadas definiciones de los morteros debido al surgimiento y desarrollo de sus agentes aglomerantes entre las que podemos encontrar:

Los morteros se denominan según sea el aglomerante de yeso, cal y cemento, llamándosele bastardos cuando intervienen dos aglomerantes como la cal y el yeso”. Sirven para unir las piedras o ladrillos que integran las obras de fábrica y para revestirlos como enlucidos o revoques. (Orus , 1972)

Autores como Salamanca, (2001) plantean “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”.

“Es esencial en la construcción ya que es el material con el que se pegan piedras y bloques de hormigón. Además, se usa en muchas ocasiones para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y revocar paredes.” (Artigas , 2002). En su composición siempre está presente la arena, el aglomerante y el agua. El árido fino tendrá la función de proporcionar la resistencia al mortero, el aglomerante unirá los granos de arena entre sí y con la superficie donde se aplica, mientras que el agua, en los casos de morteros hidráulicos, hará reaccionar al aglomerante para que fragüe.

En la norma cubana del 2002 se denominan los morteros como: Mezcla de uno o varios conglomerantes minerales, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos. (NC/CTN 37 de Hormigón reforzado y morteros, 2002).

Los morteros son mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos donde el principal conglomerante va a ser el cemento también se puede añadir cal como segundo conglomerante que nos aportará trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos, los aditivos estos pueden ser: (Aireantes, Plastificantes, Retenedores de agua, Hidrofugantes, Retardante etc.) y el agua. (Menéndez, 2008).

Las características de los morteros con fines estructurales y estéticos dependen de la naturaleza y dosificaciones de sus partes constitutivas, áridos, aglomerantes y aditivos. Dado que pueden fabricarse mezclas muy variadas entre todos estos materiales, sus características son también

muy diversas. No obstante, éstas dependen esencialmente de la naturaleza del agente aglomerante. (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

Surgimiento y desarrollo de los morteros en la construcción.

El origen de los morteros se remonta a la necesidad de un techo para el ser humano y sus primeros asentamientos fueron en la copa de los árboles, en cavernas o en la construcción de paredes a base de ramas de los árboles. En estos inicios el material aglomerante para fijar las ramas o piedras entre sí fue el barro en algunas ocasiones mezclado con algún material vegetal.

No le falta razón a Vitrubio, ya que parece claro que la utilización de los morteros se remonta a épocas prehistóricas, cuando mezclas de barro, áridos y materia vegetal se utilizaban como base en la construcción de viviendas o defensas. Este tipo de morteros presenta como aglomerante esencial material silicatado arcilloso más o menos refinado, además de componentes de Ca (calcio) naturales (carbonatos, sulfatos) o artificiales (cal, yeso) y Fe (OH)₂ (hidróxido de hierro). En general, el aglomerante responde a una composición natural o débilmente modificada por la adición de otros componentes, si exceptuamos maderas, paja, y otros. (Citado por: León, 2011).

No obstante, los morteros también se utilizaron desde un primer momento para cumplir otra de las necesidades constructivas básicas, consistente en conferir sentido estético a la obra al ser aplicado como revestimiento de paredes y otros elementos constructivos. Este último aspecto no debe menospreciarse en lo que se refiere a su influencia sobre el origen y desarrollo de los morteros, dado la decoración de interiores de espacios habilitados para el cobijo, la religión y la magia es anterior a la arquitectura. Este origen lo encontramos en la decoración mural prehistórica de cavernas, en el Paleolítico, como respuesta a una necesidad artística, religiosa o social del Homo Sapiens. Los primeros se hacían de barro y arcilla.

En Babilonia, había escasez de piedras pero la arcilla era abundante, por lo que las construcciones del lugar se hacían con ladrillos cosidos usando limo o brea como mortero. Se afirma que los primeros en usar una forma de mortero fueron los habitantes de Tappeh Sialk, Irán, en la construcción de los templos zigurates en el año 2900 a.C. En las primeras pirámides de Egipto, se usó un mortero de barro y arcilla para unir los bloques. En las siguientes pirámides usaron morteros de limo o aljez, una mezcla de yeso y arena. Los siguientes en usar mortero fueron los griegos y etruscos, que usaban una mezcla de limo con ceniza volcánica llamada puzolana. (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertas cenizas volcánicas mezcladas con caliza y arena producían un mortero muy fuerte capaz de resistir la acción del agua dulce o salada. Estas cenizas las encontraron en un lugar llamado Puteoli conocido hoy como Pozzuoli lo que dio su nombre al cemento de puzolana. Hasta el siglo XVIII solo se utilizan los morteros de cal, yesos y materiales puzolánicos.

La civilización romana fue la que descubrió todo el potencial que estos materiales podían ofrecer. De esta forma uno de los mejores exponentes que podemos encontrar es el Partenón de Roma. Construido en el año 123 fue durante 1 500 años la mayor cúpula construida y con sus 43,3 metros de diámetro aún mantiene records como el de ser la mayor construcción de hormigón no armado que existe en el mundo. Para su construcción se mezcló cal, puzolana y

agua; añadiendo en las partes inferiores ladrillos rotos a modo de los actuales áridos aligerando el peso en las capas superiores usando materiales más ligeros como piedra pómez y puzolana no triturada.

Los romanos utilizaron estos morteros para solucionar problemas constructivos como bloquear infiltraciones de agua en cisternas, canales, cloacas, baños termales y acueductos, para estucar muros expuestos a la lluvia, para bloquear el ascenso capilar del agua en muros localizados en terrenos húmedos, en pavimentación y en la soldadura de tejas. Soluciones constructivas audaces, como arcos y cúpulas (Termas de Caracalla, Panteón de Roma), también pudieron llevarse a cabo utilizando este tipo de morteros puzolánicos como cementante de un conglomerado de fragmentos gruesos de árido (*opus caementicium*, o *calcestruzzo* en la terminología italiana) que constituía el núcleo de los muros revestidos de ladrillo o piedra.

Más adelante, los romanos mejoraron el uso del mortero puzolánico y finalmente lo cambiaron por mortero con terracota molida con agregado de Al_2O_3 (óxido de aluminio) y SiO_2 (óxido de silicio).

Años después en el Imperio Persa se comienzan a utilizar los bloques de ladrillo para cuya fijación se utilizaba barro mezclado con tierra o arena y otros componentes. Sin embargo entre los bloques calizos del revestimiento de la Gran Pirámide se utilizó una especie de mortero posiblemente para facilitar su deslizamiento y óptimo ajuste al colocarlos.

Sólo a partir del siglo XVII se puede decir que se alcanzaron morteros de calidad similar a los romanos. A esta fecha corresponde una variedad de mortero hidráulico muy extendida en Europa central, fabricada con escoria volcánica de la región de Andernach en el Rin (denominada *tarras* en la literatura de la época) mezclada con cal apagada en la proporción (cal: árido) 1:1 ó 1:2, este mortero permitía el endurecimiento bajo el agua. Luego el mortero hidráulico se dejó de usar inexplicablemente, durante dos milenios.

La tecnología de los morteros hidráulicos sobrevivió a la civilización romana sólo en los textos de los clásicos. Las civilizaciones posteriores no aportaron ninguna innovación tecnológica substancial. Por el contrario, la calidad de los morteros era a menudo mediocre, y a veces incluso mala. Esto puede ser atribuido a las condiciones socio-políticas creadas con la caída del Imperio Romano y a la pérdida progresiva de los códigos verbales utilizados por los romanos en la obtención de morteros de alta calidad y su trabajado. En la Edad Media, las catedrales se construían con mortero de limo, y muchas estructuras no resistieron el contacto con el agua. Sin embargo, el mortero de cal hidráulica, no fue utilizado con posterioridad a la civilización romana, hecho asignable al retroceso cultural y tecnológico general que acaeció a partir de su decadencia, particularmente en los restos del Imperio Romano de Occidente. Durante toda la Edad Media y el comienzo de la Edad Moderna, incluyendo el Renacimiento, los morteros son de mala calidad, constituidos esencialmente de cal aérea por mezclas de cal aérea y yeso (morteros bastardos).

El aglomerante más utilizado fue la cal que experimentó un importante desarrollo en el Imperio Romano ya en esta época se presentaron los primeros testimonios del empleo de aditivos describiéndose las propiedades dispersantes de la clara de huevo y la sangre animal. También se

describen fórmulas o recetas que incorporan refuerzos a base de fibra vegetal y animal (Menéndez ,2008).

No fue hasta la segunda mitad del siglo XVIII cuando la cal aérea fue sustituida, poco a poco, como material de construcción, primero por cales hidráulicas y luego por cementos de tipo Portland y otros. Al igual que lo ocurrido durante la civilización romana, a estos materiales hidráulicos se debe, en gran parte, el auge de la arquitectura e ingeniería actuales, caracterizadas por grandes obras y por soluciones técnicas arriesgadas, lo cual, no debe olvidarse, redundó en nuestra actual calidad de vida. La utilización de los morteros como material de unión entre las piezas de piedra o ladrillo para garantizar la estabilidad del edificio se convirtió, con el paso del tiempo, en práctica más habitual (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

En cuanto a sus aplicaciones casi siempre los morteros estuvieron asociados a los aspectos estéticos se los utilizó también en la construcción de vías y superficies de rodamiento (Gómez, 2011).

La invención del mortero de cal o mortero puzolánicos se debe posiblemente a los griegos o los etruscos su desarrollo y utilización masiva en todo tipo de construcciones se dio en Roma donde fue utilizado para asegurar la unión o fijación de piezas en paredes y otros elementos constructivos como en revestimientos y como base para la fabricación de hormigones.

Puesto que la puzolana se combina con la cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) se tendrá una menor cantidad de esta última. Pero justamente porque la cal es el componente que es atacado por las aguas agresivas, el cemento puzolánico será más resistente al ataque de éstas. Por otro lado como el $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ (Aluminato tricálcico) está presente solamente en el componente constituido por el clinker Portland la colada de cemento puzolánico desarrollará un menor calor de reacción durante el fraguado.

Las ventajas que ofrece el cemento puzolánico sobre el resto se detallan a continuación:

- Mayor durabilidad del cemento.
- Mejora en la resistencia frente al agua de mar.
- Mejor defensa ante los sulfatos y cloruros.
- Aumento en la resistencia a la compresión.
- Incremento de la impermeabilidad por la reducción de grietas en el fraguado.
- Disminución del calor de hidratación.
- Mejora en la resistencia a la abrasión.
- Aumento la resistencia del acero a la corrosión.
- Menor necesidad de agua.

La puzolana es una piedra de naturaleza ácida muy reactiva al ser muy porosa y puede obtenerse a bajo precio. Un cemento puzolánico contiene aproximadamente:

- 55-70% de clinker Portland
- 30-45% de puzolana
- 2-4% de yeso

Este cemento es por lo tanto adecuado para ser usado en climas particularmente calurosos o para coladas de grandes dimensiones. Se usa principalmente en elementos en las que se necesita alta impermeabilidad y durabilidad como son los morteros

En el siglo XIX una serie de investigaciones describió el comportamiento hidráulico de las mezclas de caliza y arcilla lo que impulsó su fabricación que continúa en la actualidad dosificadas en las proporciones convenientes y molidas conjuntamente.

En 1824 fue patentado el cemento Portland que debe su nombre a motivos comerciales pues su color y dureza recuerdan a las piedras de Portland. El material fue obtenido mediante la calcinación a alta temperatura de una caliza arcillosa. A finales del siglo XIX se perfeccionó el proceso de fabricación hasta llegar a los actuales cementos Portland íntimamente ligados a la producción de los morteros de hoy (Gómez, 2011).

Actualmente se fabrican morteros hidráulicos de cal aérea con aditivos puzolánicos tales como polvo de ladrillo, polvo de cerámica de alta temperatura, ceniza de combustión pulverizada. No obstante, cuando se necesita un fraguado hidráulico la práctica habitual es utilizar cales hidráulicas o cementos, mezclados o no con cal aérea.

En el mercado internacional se comercializan los morteros restauradores de estructura sobre la base del desarrollo de la industria química en la construcción. Sin embargo, la durabilidad de los mismos se puede afectar por el ambiente donde se aplica el producto y su elevado costo limita su utilización para la reparación y rehabilitación de estructuras.

Actualmente, hay muchas clases de morteros, entre los más comunes podemos encontrar el mortero de cemento y arena, que presenta mucha resistencia y se seca y endurece rápidamente. Su desventaja es que no tiene mucha flexibilidad y se puede resquebrajar con facilidad. Otro mortero es hecho de cal y arena. Es más flexible y fácil de aplicar, pero no es tan resistente ni impermeable. También se usa el mortero compuesto de cemento, cal y arena, que permite las ventajas de los dos morteros anteriores. Para lograr más resistencia, se aplica más cemento; si se prefiere mayor flexibilidad, se usa más cal.

En la actualidad la seguridad y comodidad son los factores que priman para el diseño y construcción de una vivienda. Estos barros, arcillas y cales son los precursores de los mortero actuales, en el presente la forma de aplicar los materiales no ha variado mucho en comparación con las técnicas y herramientas con las que contamos el mortero sigue haciéndose mayormente manualmente.

Según Vázquez, (2012) el conocimiento científico y técnico de los morteros ha evolucionado en grandes medidas y seguirá en el orden que se siga investigando sus propiedades. De esta forma se pueden seleccionar la materia prima y sus proporciones para lograr morteros que cumplan con los estándares internacionales de resistencia, permeabilidad ente otros.

Tipos de morteros teniendo en cuenta el desarrollo de sus agentes aglomerantes.

Morteros de Yeso.

“Los morteros de yeso son una pasta formada por la mezcla de escayola (yeso), amasándola solamente con agua”. (Orus, 1966). La escayola (yeso), pura o mezclada con cal (morteros mixtos de cal y yeso), es un material abundante en los revestimientos de edificios. Bajo el término escayola denominamos a un aglomerante de yeso, o sulfato de calcio dihidratado $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$. Aunque posiblemente en su desarrollo inicial fuese utilizado como material puro en el enlucido de superficies y como material ornamental, su desarrollo posterior y su utilización como mortero de unión supuso la adición de cal para modificar los tiempos de fraguado (muy escasos en el caso de la escayola) la dureza y resistencia mecánica del mortero. Actualmente, se fabrican morteros mixtos a base de escayola (yeso) y resinas sintéticas denominadas comúnmente "plasters".

La escayola (yeso) se ha obtenido históricamente a partir del yeso natural. Mayoritariamente, el yeso se encuentra en la naturaleza en rocas sedimentarias de origen evaporítico, esto es, producido por la precipitación de sales a partir de soluciones acuosas saturadas, como las de lagos o mares cerrados de áreas cálidas y desérticas. Este origen condiciona que, junto con el yeso, coexistan otros minerales (sales) como carbonato de calcio $[\text{CaCO}_3]$, cloruro de sodio $[\text{NaCl}]$ o sulfato de calcio $[\text{CaSO}_4]$ en las rocas evaporíticas. El yeso aparece en formas variadas, como agregados de grano fino masivos (*albastro*), fibrosos, o en grandes cristales transparentes (*selenita*).

Los morteros de yeso presentan grandes inconvenientes respecto de los de cal, particularmente en los exteriores, ya que el yeso es un compuesto relativamente soluble en agua ($\approx 2000 \text{ mg/L}$ vs $\approx 80 \text{ mg/L}$ para la caliza, a 20° C). Por esta razón, la infiltración de agua de lluvia o subterránea produce graves daños en paredes que contengan morteros de unión o revestimientos a base de yeso. La temperatura requerida para la cocción del yeso es bastante menor que la requerida para obtener cal aérea a partir de la cocción de calizas. Por ello, los morteros a base de yeso fueron más atractivos que los morteros de cal en países como Egipto o Grecia, con abundantes yacimientos naturales tanto de yeso como de calizas pero con escasez de madera (combustible para los hornos). El clima seco de ambos países permite la utilización de morteros de yeso en exteriores. Estos morteros mixtos de cal y yeso son muy comunes en los revestimientos pintados. Además de cal, los morteros de yeso se han fabricado históricamente mezclando otros materiales aditivos. Quizás el más común sea el pelo, que actúa como reforzante. Los morteros de yeso, ya sean puros o mixtos, han sido utilizados para decoraciones interiores con técnicas muy variadas. “La escayola es un mortero a base de yeso coloreado con pigmentos mezclado con fragmentos gruesos de calizas coloreadas o mármoles, que imita rocas naturales como brechas calizas o de mármol y pórfidos”. (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

Morteros de Cal.

El mortero de cal resulta de la mezcla de sustancias como el agua, la cal y la arena. La característica más importante del mortero de cal es que una vez se pone a trabajar (como estucado), se endurece o carbonata poco a poco hasta que se convierte en capa de piedra de milímetros en espesor que se va haciendo resistente cada vez más. Este proceso de la re-carbonación de la cal, hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ la cal hidratada cuando hace contacto con el gas dióxido de carbono $[\text{CO}_2]$ se transforma en carbonato de calcio $[\text{CaCO}_3]$. En otras palabras, regresa a convertirse en la piedra que comenzó el proceso.

Lo que lo hace muy claramente diferenciable de otros tipos de mortero, es muy buscado por su maleabilidad y su plasticidad, sin embargo no propicia dureza a tiempos cortos.

“Dentro de los morteros de cal la presencia de la arena será puramente mecánico para evitar las contracciones que se van a producir, debido a la evaporación del agua del amasado y a la compresión producida por el peso de la obra”. (Orus, 1966).

Autores como (Méndez , /s.a/) plantea que los morteros de cal, son los primeros morteros utilizados en todas las culturas desde que existe la construcción, por tanto se puede deducir que son los más idóneos como morteros de restauración. La cal es uno de los aglomerantes más antiguos sencillos y eficaces. Es fruto de la calcinación del carbonato de calcio $[\text{CaCO}_3]$ pasa a óxido de calcio $[\text{CaO}]$, que en contacto con el agua y tras una violenta reacción exotérmica se convierte en hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ que en combinación con el dióxido de carbono $[\text{CO}_2]$ de la atmósfera se vuelve a convertir en carbonato calcio $[\text{CaCO}_3]$, o lo que es lo mismo, en piedra caliza.

Ha constituido el agente aglomerante típico de los morteros de construcción y de revestimiento no pintados desde épocas anteriores (se conocía en Mesopotamia al menos a partir de la segunda mitad del tercer milenio a.C., aunque no en Egipto, donde fue introducida por los romanos. Este material presenta un área de deformación plástica, en la que el mismo puede absorber, sin llegar a romperse, algunas deformaciones propias de los monumentos.

La temperatura mínima a la que se produce la descomposición del carbonato de calcio $[\text{CaCO}_3]$ es de 880°C , pero son necesarias temperaturas mayores en los hornos ya que para que esta temperatura se alcance en el interior de los fragmentos de roca la temperatura de la superficie del mismo debe acercarse a 1000°C . El producto sólido de óxido de calcio $[\text{CaO}]$, se denomina cal viva, que generalmente no se muele. Para obtener un mortero de cal, la cal viva debe apagarse, esto es, mezclarla con agua. Ambas sustancias reaccionan de forma que el óxido de calcio $[\text{CaO}]$, se rehidrata formando hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ o cal apagada o hidratada. Para conseguir un buen apagado de la cal viva, ésta debe haber sido almacenada en un lugar seco y estar lo más fresca posible. Este aspecto es recogido por Plinio: “.cuanto más viejo es el mortero, mejor es en calidad...”, y compartido por Vitrubio y Alberti. Plinio observa además que los pintores de su época exigían cal apagada durante tres años, para evitar agrietamientos. La pasta adquiere al madurar un aspecto rígido como el de la gelatina. No obstante, cuando la masa rígida se trabaja de nuevo adquiere plasticidad, lo cual es una característica peculiar de la cal aérea. (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

Cuando el mortero de cal se deja expuesto a la atmósfera, fragua, esto es, se compacta, seca y endurece por un proceso de precipitación y decantación del hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ a

partir de la suspensión acuosa. En el fraguado de la pasta de cal pura, sin árido, se produce una contracción de volumen importante, por lo que la masa se cuarteo y sólo es útil para sellar algunas faltas y fracturas finas. Para evitar el cuarteo de la cal durante su fraguado se recurre a mezclarla en las proporciones adecuadas con árido. Esto se debe a que el árido actúa como un armazón rígido formado por los granos de arena en contacto. En los huecos de este armazón se localiza la cal, y su contracción resultará en una compactación adicional de la mezcla, pero no en su fracturación, aunque sí puede producirse un incremento de la porosidad. Las proporciones clásicas de cal y arena en los morteros de unión son 1:3, aunque existen lógicamente variantes. Vitrubio menciona esta proporción si se utiliza arena de cantera, y de 1:2 si se utiliza arena de río o de playa. Independientemente de cuando se realice la mezcla de cal y árido, es necesario un trabajo adicional de mezcla a la hora de aplicar el mortero. Esta mezcla adicional, llevada a cabo con pala o algún otro utensilio adicional, mejora la laborabilidad o trabajabilidad y las características del mortero. La antigua tradición de desmenuzar, batir y apisonar la mezcla se ha perdido, pero existen claras evidencias de que estas operaciones mejoran el producto final ya que tienen como función de incrementar la adhesión superficial entre la cal y los granos de árido y de facilitar la evacuación de agua por compactación de la masa. La cal aérea es el principal material aglomerante de los morteros tradicionales, tanto de unión como de revestimiento, aunque actualmente no se usa excepto como lechadas de cal en el enlucido de paredes y techos. (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

Morteros Puzolánicos.

Los morteros puzolánicos, son una mezcla de cemento puzolánico con arena y agua. El cemento portland puzolánico es el producto resultante de la adición al cemento portland de materiales puzolánicos (arcillas, pizarras). Las puzolanas son el material silíceo que no siendo aglomerante por sí mismo o en muy baja magnitud contiene elementos que se combinan con la cal en presencia del agua, a temperaturas ordinarias, formando compuestos de escasa solubilidad que presentan propiedades aglomerantes. Según Le Chatelier en 1897 había ya notado que cuando el cemento portland se hidrata se libera cierta cantidad de óxido de calcio (cal hidratada) $[CaO]$, que daña la resistencia y puede ser removida por el agua. Los materiales silíceos, como la puzolana, al ser finamente pulverizados reaccionan con dicho hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ forman silicato de calcio hidratado $[CSH]$ aunque la relación molar de CaO/SiO_2 en los hidrosilicatos que se forman en la pasta de cemento, puede variar en dependencia de las condiciones de fraguado y de la composición del cemento por esa razón, se emplea el término $[CSH]$ para todos los hidratos semicristalinos y amorfos de silicatos cálcicos (Torres, 2007). Este elemento brinda las propiedades hidráulicas señaladas.

Como expresa Bogue, la físico-química de las puzolanas, requiere de permanentes estudios para resolver sus problemas fundamentales. Sin embargo, debe mencionarse las teorías de Steopoe, Bussem y otros, que han permitido fijar orientaciones claras a las actuales investigaciones. (Citado por: González, 2007).

En consecuencia, a la baja hidraulicidad de los morteros puzolánicos aunque suficiente como para poder ser apreciada, este fue quizás el caso de que los romanos apreciaron las mejoras obtenidas en los morteros al utilizar árido de rocas volcánicas o de fragmentos de ladrillos y tejas. Esta observación condujo a mejoras substanciales en la hidraulicidad de los morteros utilizados en el civilización romana. Los romanos apreciaron que la hidraulicidad de los morteros

se incrementaba considerablemente al descender el tamaño de grano del árido de rocas volcánicas y/o fragmentos de cerámica. En consecuencia, llegaron a desarrollar morteros de características mecánicas sin igual hasta la fecha. Estos morteros, denominados morteros romanos, constaban de mezclas de cal apagada, polvo molido de rocas volcánicas y/o fragmentos de cerámica y árido del mismo tipo o, alternativamente, de arena de río y más raramente, de playa. El incremento de hidraulicidad se debe al sustancial incremento de la superficie del material alumino-silicatado cuando su tamaño de grano es muy fino (polvo). Esto supone un incremento en la tasa de reacción entre el material alumino-silicatado, la cal y el agua, esto es, un volumen mayor de material, en contacto con la cal, es capaz de reaccionar por unidad de tiempo. Las características esenciales de este tipo de mortero, que consta de mezclas de cal aérea y polvo de rocas volcánicas y de cerámica, es que su fraguado se vitrifican en contacto con agua y que presenta unas propiedades mecánicas más aptas que las de los morteros de cal aérea y/o yeso para funciones estructurales. (Mortero de Construcción y Ornamentación, 2007).

Morteros de Cemento Portland.

Los morteros de cemento Portland, son una mezcla de cemento Portland con arena y agua. Fue inventado en 1974 y se volvió muy popular después de la Primera Guerra Mundial, superando al mortero de limo para las nuevas construcciones. La razón fue su capacidad de secar fuerte y rápidamente. Es importante saber, que no se puede usar para reparar construcciones con mortero de limo, ya que éste último necesita mayor flexibilidad y suavidad. Este mortero es la base del hormigón, además se utiliza para el revestimiento de paramentos y unir piezas cerámicas.

Morteros de Limo.

El mortero de limo también es muy usado. Su velocidad de fijación no es tan buena, pero se puede mejorar usando piedras calizas impuras en el horno o kiln. De esa manera, se forma un limo hidráulico que se fija en contacto con el agua. Ese limo se almacena como polvo seco, se considera respirable, que significa que permite a la humedad moverse libremente en él y se evapora hacia la superficie, manteniendo las paredes secas. Si se reparara una estructura construida con mortero de limo usando mortero de cemento, la humedad ya no se evaporaría y se concentraría detrás del cemento.

Morteros Restauradores de Estructuras.

Los morteros de restauradores de estructuras son productos hechos con cemento portland, arenas de cuarzo gradadas y aditivos en polvo y son utilizados para efectuar trabajos de reparación estructural en elementos de hormigón. Son productos totalmente compatibles con los soportes de hormigón ya que tienen igual coeficiente de expansión térmica e igual módulo de elasticidad, fáciles de usar y generalmente se mezclan con agua potable pero los hay modificados con aditivos acrílicos. Estos morteros se clasifican según su utilización en morteros tixotrópicos que son utilizados en aplicaciones en superficies verticales o sobrecabeza y morteros fluidos para aplicaciones en superficies horizontales o pisos.

Usos más comunes de los morteros restauradores de estructuras:

- Reparar secciones de columnas o estructuras de hormigón (vigas, losas, muros) que han sufrido algún tipo de golpe que haya reventado parte del hormigón exponiendo el acero de refuerzo.
- Reparar estructuras (columnas, vigas, losas) que presentan desprendimientos de hormigón producto de la corrosión del acero de refuerzo.
- Parchar huecos en pisos industriales, estacionamientos, pavimentos, carreteras, autopistas, pistas de aterrizaje producidos por el uso y el abuso del hormigón en esas áreas.
- Recubrir y resanar superficies irregulares, porosas en el hormigón en muros, losas, columnas y vigas para regularizar la superficie antes de colocar algún otro recubrimiento y brindarle una mayor protección contra elementos externos.
- Hacer sobrepisos, nivelaciones de pisos en áreas de bodegas, estacionamientos, almacenes, industrias, puentes y otro tipo de estructuras que requieran morteros de altas resistencias mecánicas, a la abrasión y al impacto.
- Cualquier parcheo o resane de daños en el hormigón que requiera de un producto que desarrolle rápidamente sus resistencias mecánicas y permita el uso de las estructuras lo más rápidamente posible. (Información técnica de productos, 2010).

Entre los morteros restauradores de estructuras se encuentra: Cover Repar producido por Cover Especialidades Químicas para la Construcción el cual es un Mortero restaurador de fraguado rápido para hormigón y albañilería, predosificado de un solo componente, de fraguado rápido, formulado con cementos especiales, arenas de cuarzo y aditivos modificadores, amasado con agua, forma una mezcla de excelente consistencia para realizar restauraciones en superficies verticales o sobrecabeza de hormigón o albañilería.

Propiedades

- Es un producto tixotrópico y autosoportante, por lo que sirve para muros y techos.
- Elevadas resistencias mecánicas, tanto a la compresión como a la flexotracción.
- Su expansión controlada evita el problema de la fisuración, que suele presentarse en una reparación.
- Alta resistencia a temprana edad.
- No requiere moldaje.
- Al momento de fraguar adquiere el color del hormigón.

Campo de aplicación

- En restauraciones de detalles arquitectónicos.
- En reparaciones sobrecabeza.

- En aristas y bordes de albañilería.
- Reparación de nidos de piedra.
- Reparación de hormigones nuevos y antiguos.
- Reparación de grietas en paredes de hormigón y albañilería.

Forma de aplicación

1. Deben eliminarse todas las partes sueltas o mal adheridas, procurando obtener una superficie sana, libre de polvo o cualquier otro material que impida una buena adherencia. Los bordes del sector a reparar deben acabar en ángulo recto. Si existiera aceros expuestos se debe eliminar el óxido y aplicar una imprimación inhibidora de corrosión. Efectuada esta preparación, debe humedecerse la superficie hasta saturar los capilares y poros del material a reparar.
2. Preparar Cover Repair en un recipiente limpio. Vaciar el producto y agregar de un 18 a 20 % de agua en relación con el peso del producto; mezclar manualmente hasta lograr una consistencia trabajable y autosoportante.
3. En caso de pérdida de trabajabilidad no debe agregarse agua; basta con remezclar el mortero para recuperar la consistencia inicial. Si no ocurre así hay que descartar la mezcla.
4. Efectuar ensayos de resistencia después de 24 horas. A los 7 días alcanza resistencia cercana a 300 kg/cm².

Almacenamiento

Almacenar el producto en su envase original, cerrado, bajo techo, y no exponer a humedad. Si está envasado en sacos, apilar sobre un entramado de madera evitando el contacto directo con el suelo. Una vez abierto el envase se recomienda utilizar en su totalidad. Envasado en baldes el producto se conserva por más tiempo, teniendo la precaución de cerrar bien el envase. El producto bajo estas condiciones dura 12 meses.

Consumo

600 cc/kg - 1,7 kg/L

Unidades de suministro

- Saco de 20 kg.
- Tineta de 20 kg.

Ventajas

- Mortero listo para aplicar.
- Rápida puesta al servicio.
- Fácil de mezclar.
- No se necesita moldaje.
- Fácil de aplicar.
- Alta resistencia.

Antecedentes técnicos

Aspecto: Polvo gris oscuro

Densidad aparente: 1,6 kg/l aproximadamente

Rendimiento: 600 cc/kg -1,7 kg/L

Aspecto inicial: Mezcla trabajable

Aspecto final: Mortero endurecido

Resistencia compresión: 1 día 227 kg/cm²

7 días 296 kg/cm²

28 días 35 kg/cm²

Conclusiones

Los morteros son materiales de gran importancia en la construcción y su evolución se debe principalmente al desarrollo de sus componentes, así surgen los morteros de yeso, cal, puzolánicos, de cemento portland y los de limo los cuales fueron empleados con fines estructurales y estéticos. El desarrollo de los morteros está influenciado por los avances tecnológicos, la aparición de nuevos materiales y el desarrollo de la industria química para la construcción donde se destacan los morteros restauradores de estructuras.

Bibliografía

Artigas, B. 2002. Construcción 1. Morteros. Lima, Montevideo, Perú. [on- line], descargado: en febrero 2011.

Calleja, J., 1996. Teorías acerca de los procesos expansivos en cemento y hormigón. Cemento-Hormigón, p 762.

Catálogo Especialidades Químicas para la Construcción. (2008).

Comité Técnico de Normalización NC/CTN 37 de Hormigón reforzado y morteros, 2002. *NC 175:2002. Morteros de albañilería. Especificaciones*, (Cuba).

Gómez, A. 2011. Morteros: Uniendo estructuras. Revista construir.

González, M. 2007. *Cementos Portland Puzolánico*. [on- line], descargado: enero de 2011.

Morteros cementicios de reparación.2010. [on- line], descargado: 17 de noviembre de 2010. disponible en: <http://www.rbconspro.com>.

León, L. 2011. Evaluación del mortero restaurador de estructuras Cover Fs Structural V/O añadiéndole un árido grueso, 63 h. Tesis en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Matanzas (Cuba).

Méndez, M. (s.f.). *Morteros de Cal y Estucos*. descargado en noviembre de 2010, disponible en: <http://www.arqhys.com>.

Menéndez Méndez, E., (2002). La reacción árido-álcali en España. Revista cemento – hormigón. Madrid. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (CSIC). Web: <http://www.cemento-hormigon.com>

Mortero de la Construcción y Ornamentación. 2007. [on- line], descargado: 14 de noviembre de 2010. disponible en: <http://www.ugr.es>.

Orus, A, F., 1972. *Materiales de Construcción*. 7ma: ed Revolucionaria. La Habana. Cuba. Instituto del Libro, p 703.

Salamanca. R., 2001. *La tecnología de los morteros*, [on- line], descargado: 11 de abril del 2012 Red de revistas científicas de América latina y el Caribe. España y Portugal, No 011, pp 41-48. Bogotá, Colombia, disponible en: www.revistaing@umng.edu.co.

Torres, M. 2007. Estudio de la protección de Fibras Vegetales en Matriz de Cemento Portland. Villa Clara. Tesis en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas Martha Abreu, Matanzas (Cuba).

Vázquez, A. 2012. Evaluación de los diseños de morteros con cemento PP-25, arena y polvo de piedra, 71 h. Tesis en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas (Cuba).