ESTUDIO DEL SURGIMIENTO, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS MORTEROS

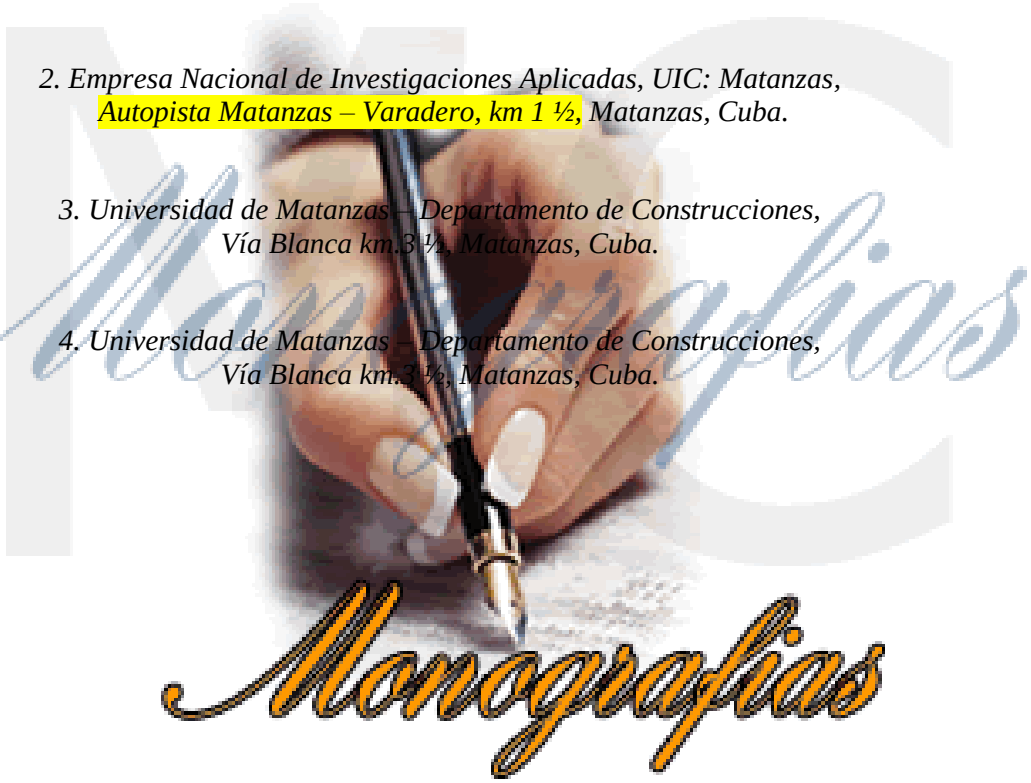
Ing. Liset León Consuegra[1], Ing. Jorge Luis Acanda Ramos[2], Dr.C. Lic. Magali Torres Fuentes[3],Ing. Carlos Rodríguez García[4].

1. Universidad de Matanzas – Departamento de Construcciones, Vía Blanca km.3 ½, Matanzas, Cuba. liset.leon@umcc.cu

2. Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, UIC: Matanzas, Autopista Matanzas – Varadero, km 1 ½, Matanzas, Cuba.

3. Universidad de Matanzas – Departamento de Construcciones, Vía Blanca km.3 ½, Matanzas, Cuba.

4. Universidad de Matanzas – Departamento de Construcciones, Vía Blanca km.3 ½, Matanzas, Cuba.



CD de Monografías 2016
(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Resumen

Los morteros como materiales de construcción han sufrido variaciones en sus materias primas lo que ha conllevado a diferentes clasificaciones y propiedades, pero a pesar de esto han mantenido los usos desde su surgimiento. El objetivo de la investigación está encaminado al estudio del surgimiento, clasificación y propiedades de los morteros. Una vez realizado el estudio se obtuvo como principales resultados que el surgimiento de los morteros está íntimamente ligado al de los aglomerantes, que forman la parte más importante de su composición. En el caso de la clasificación se destaca en importancia el mortero de albañilería puesto que se pueden hacer diferentes modificaciones en las adiciones para su empleo. Las propiedades de un mortero en estado fresco y endurecido determinarán la calidad del material ya que de ella depende la resistencia frente a solicitaciones de cargas y la durabilidad destacándose como la de mayor importancia la adherencia al sustrato.

Palabras claves*: morteros, clasificación, propiedades.*

Introducción

Los morteros como materiales de construcción son estudiados en la actualidad buscando que su producción esté condicionada a la reducción de sus costos por eso se buscan alternativas en la utilización de componentes de desechos de las producciones de cantera utilizándolo como una adición y de esa forma se reciclan los mismos.

Desarrollo

Conceptos Morteros

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos siendo el principal el cemento. También se puede adicionar cal como segundo conglomerante para aportar trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos; los aditivos químicos que pueden ser aireantes, plastificantes, retenedores de agua, hidrofugantes, retardantes y el agua (Martínez, 2013).

Según (Vázquez, 2012) “Mortero en su definición más general es toda mezcla de cemento, agua y arena. 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”. Recibe el nombre de mortero, “la mezcla de materiales aglomerantes e inertes amasados con suficientemente cantidad de agua para ser laborables”

Bajo el nombre de mortero se denomina en sentido amplio a cualquier mezcla natural o artificial cuyas características constructivas esenciales son su plasticidad inicial, que

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

permite trabajarla y moldearla según la necesidad, y su posterior endurecimiento y aumento de la resistencia mecánica, que lo hace útil como material de construcción (Universidad de Granada, 2007).

Otro concepto relacionado es el relacionado con las materias primas el cual plantea que es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso.

Sin embargo teniendo en cuenta las diferentes propiedades que se desean alcanzar una vez que se aplican es importante tener en cuenta lo planteado por la (NC 175: 2002) la que considera que es la mezcla de unos o varios conglomerantes minerales, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos.

Dentro de las adiciones que se pueden utilizar se encuentran las perlas de poliestireno con tamaño superior a 3mm para determinadas aplicaciones y EPS (es un polímero termoplástico espumado con estructura celular cerrada).

El EPS se pueden considerar como un tipo de árido artificial de naturaleza polimérica, no absorbente y ultraligero (densidad menor de 300 kg/m^3) (Citado por: Ferrándiz, V. y García, E., 2012, p. 549). Estos áridos permiten la fabricación de materiales de construcción ligeros. Estudios realizado por Ferrándiz y García (2012), el cual se basó en una caracterización física y mecánica de morteros de cemento Portland fabricados con adición de partículas de poliestireno expandido (EPS), demostró que con su utilización existía una influencia en las propiedades de los morteros en estado fresco como endurecido entre las que se encuentran la consistencia, trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión.

Materias Primas

Cemento Portland

El cemento Portland es un importante material de construcción teniendo en cuenta la cantidad producida. Este se obtiene por molturación conjunta de clinker, una cantidad adecuada de regulador de fraguado y eventualmente, hasta un 5 % de adiciones. Estas adiciones pueden ser una sola o varias veces, de escoria siderúrgica, puzolana siderúrgica, puzolana natural, cenizas volantes, filler calizos y humo de sílice (Jiménez et al., 2000).

Los componentes principales del cemento Portland son los silicatos y los aluminatos de calcio, estos compuestos se forman por la asociación química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), la sílice (SiO_2), la alúmina ($Al2O_3$) y el óxido de hierro (III)($Fe2O_3$).

Adicionalmente se forman compuestos secundarios como óxido de magnesio (MgO), trióxido de azufre (SO_3), óxido de potasio (K_2O), óxido de sodio (Na_2O) y otros compuestos. Los dos últimos óxidos, el de potasio y el de sodio se conocen como los álcalis

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

del cemento, normalmente estos compuestos se encuentran en un 0,6 % por peso en forma combinada, esta restricción obedece a que por encima de este porcentaje y bajo condiciones ambientales favorables, los álcalis reaccionan en forma expansiva con algunos agregados de origen volcánico, provocando la desintegración del concreto.

Los óxidos de calcio y de silicio son los más abundantes en los cementos, su variación en porcentaje, al igual que la de los demás óxidos, está regida por la proporción de ingredientes en el proceso de producción, pequeñas variaciones en los porcentajes de óxidos producen variaciones muy importantes en los compuestos principales del cemento.

La propiedad como aglomerante del cemento Portland en las pastas se debe a la reacción química que ocurre entre el cemento y el agua, llamada reacción de hidratación. El cemento Portland no es un compuesto químico simple, sino que es una mezcla de muchos compuestos. Se produce por reacción a altas temperaturas entre un material calizo y otro conteniendo sílice, alúmina y óxido de hierro (III). Esta reacción ocurre en hornos de diversos tipos, normalmente bajo condiciones oxidantes.

Arena

Otras de las materias primas para su obtención es la arena la cual es el producto clástico de la desintegración de las rocas y cuyo tamaño de los granos está comprendido entre 5 mm y 0,02 mm, o también como todo material procedente de rocas naturales, producido por la naturaleza o mediante machaqueo.

Para la selección del tipo de arena es importante tener en cuenta la forma de los granos pues es de gran influencian en la resistencia de los morteros. Las arenas cuyos granos son angulosos y ásperos dan morteros broncos de peor laborabilidad que las de granos lisos y redondeados, mientras que las arenas que tienen los granos en forma de laja, laminares o aciculares, deben emplearse única y exclusivamente cuando se necesite obtener morteros poco compactos, pues se acuñan con facilidad, dejando huecos y dan morteros poco compactos.

Emplear arena húmeda en la confección de un mortero supone una adición extra de agua considerable que aumenta la relación agua / conglomerante.

Además, del exceso de agua, la humedad de la arena puede producir otro efecto pernicioso, ya que con ciertos grados de humedad, la arena experimenta un aumento de volumen que se conoce con el nombre de entumecimiento.

Si a partir de un determinado volumen de arena saturada, se aumenta la humedad, poco a poco se va produciendo un aumento de volumen hasta llegar a un máximo y decrecer después, llegando a ocupar el mismo volumen que al principio cuando la arena está totalmente empapada.

Este fenómeno es tanto más acentuado cuanto más fina es la arena, llegando a producirse un aumento de volumen del orden de140% con una cantidad de agua del orden del 8 al 9%.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Influencia del tipo de arena en los morteros

La influencia de los tipos de arenas está relacionada con su procedencia la cual es variada y esto hace que sus propiedades y aplicaciones también lo sean. Dentro de los diferentes tipos se encuentran:

Arena de río: Sus yacimientos se encuentran en los cursos de los ríos. Sus granos, según el tramo en curso, pueden ser de aristas vivas, vivas y redondeadas, o totalmente redondeadas. Las arenas de aristas vivas dan morteros de difícil laborabilidad y si no se toman precauciones pueden presentar poca compacidad, debido al acuñamiento de sus granos; las del curso superior de los ríos, se presentan limpias; las de los cursos inferiores suelen tener ausencia de fracción gruesa de sus granos y un mayor porcentaje de arcilla y limos.

No deben emplearse para confeccionar morteros que se utilicen como material de agarre para chapados, aplacados, alicatados y pavimentos, por dar morteros de escasa plasticidad.

En Cuba existen varios yacimientos de arenas que se utilizan para la construcción un ejemplo es el Yacimiento de Arimao en la provincia de Cienfuegos, la cual actualmente se está utilizando para las construcciones en el polo Turístico de Varadero y en la ciudad de Matanzas.

Arenas de playa: Estas arenas, según las zonas costeras, serán de un tipo de roca distinto; todas tienen granulometría unimodular y, salvo excepciones, son finas. Debido a las sales del agua de mar, se hace necesario su lavado, previo a la utilización.

Arenas de Mina: Son aquellas procedentes de depósitos sedimentarios de valles y cuencas antiguas. Su composición mineralógica y geológica será según la que tenga la roca madre de la que proceda. Se encuentran en estratos o lentejones depositados por sedimentación. Sus granos suelen ser angulosos o redondeados, según la sedimentación en el antiguo cauce y poseen una pequeña parte de arcilla, no sobrepasando el 5%.Son buenas para sentar fábricas a las que no hayan de exigírseles grandes resistencias mecánicas; se pueden utilizar en revestimientos interiores. Sus morteros tienen buena laborabilidad, debido a la plasticidad que les confiere la arcilla.

Arenas de Miga: Son aquellas que siendo de mina, el porcentaje de arcilla es superior al 5 % y siempre menor del 20 %. Las que sobrepasen este último porcentaje deben rechazarse para elementos de fábrica resistente de ladrillo y sólo son utilizadas para morteros de material de agarre de solados, chapados y alicatados o revestimientos.

Arenas de Duna: Este tipo de arena suele tener las aristas desgastadas por la acción eólica. Su granulometría es unimodular, dando mala compacidad a los morteros.

Arenas artificiales: Son las procedentes de machaqueo de las rocas y recibirán los nombres con arreglo a la roca madre, pero siempre añadiendo "de machaqueo", por ejemplo: "arena porfídica de machaqueo".

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Para la utilización de las diferentes arenas para la construcción de morteros o otros materiales como puede ser el hormigón es necesario la realización de una caracterización la cual no es más que la medición de sus propiedades físicas y químicas. Para la interpretación de los resultados obtenidos se cuenta con documentos normalizativos entre los que se encuentra la ASTM C 33 – 03. En el caso de Cuba existe la NC 251:2013 la cual tiene como título Áridos para hormigones hidráulicos-Requisitos.

Agua

En el caso de la selección del tipo de agua es un aspecto a tener en cuenta por lo que debe ser un agua potable, pues en el caso del agua de mar el amasado con agua de mar suele ser perjudicial si el mortero o hormigón va a estar en contacto con agua marina. Por ello en obras marítimas es normal amasar siempre con agua dulce, sobre todo si se emplean cementos aluminosos. Por lo tanto el agua

También se debe ser más estricto en la aptitud de un agua para curado que en la de un agua para amasado, debido a: en el amasado la aportación de agua es limitada y se realiza de una sola vez.

Sin embargo en el curado la aportación es amplia, de actuación duradera. La temperatura que debe tener el agua al amasarse con la arena y el conglomerante variará entre 7 ºC y 30 ºC, pues a temperaturas inferiores a 7°C se altera el tiempo de fraguado, pudiendo llegar a paralizarlo con temperaturas próximas a los 0ºC, si bien vuelve a reanudarse al aumentar la temperatura. A temperaturas de congelación del agua, ésta forma cristales de hielo, con el consiguiente aumento de volumen, y se produce la disgregación de las partículas de conglomerante, quedando el mortero disgregado y sin ninguna resistencia. (Acanda, 2014).

A temperaturas superiores a 30 ºC se acelera el proceso de fraguado produciendo un aumento de calor de hidratación, que sumado con la temperatura ambiental, puede originar evaporación del agua de amasado, además de producir dilataciones por aumento de temperatura y posterior contracción al enfriarse, dando lugar a grietas y fisuras en la masa del mortero. (Acanda, 2014).

Surgimiento de los morteros

Los morteros como materiales de construcción al igual que el hormigón 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, esto es anterior a la arquitectura. Este origen está en la decoración mural prehistórica de cavernas, en el Paleolítico, como respuesta a una necesidad artística, religiosa o social del Homo Sapiens (Universidad de Granada, 2007).

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

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 mortero presenta como aglomerante esencial material silicatado arcilloso más o menos refinado, además de componentes de Calcio (Ca) naturales (carbonatos, sulfatos) o artificiales (cal, yeso) e hidróxidos de hierro (II) ($Fe(OH)_2$). Además existían y existen aquellos en los que intervienen dos aglomerantes, como por ejemplo, yeso y cal, cemento y cal, etc conocidos como bastardos aunque en la actualidad no se usan en gran medidas pues se elaboran o comercializan con un solo aglomerante, siendo los de mayor utilización los elaborados con un aglomerante hidráulico.

En general, el aglomerante responde a una composición natural o débilmente modificada por la adición de otros componentes, se exceptúa maderas, paja, y otros (Universidad de Granada, 2007).

La necesidad humana de decorar y acondicionar interiores se mantiene una vez inventada la arquitectura. Así, la práctica de pavimentar suelos y enlucir muros con morteros es común a pueblos neolíticos del Mediterráneo Oriental y Europa. Por ejemplo, en las ciudades fortificadas neolíticas más antiguas excavadas, como las de Jericó (9000 al 8000 a.C.), NevaliÇori (Turquía, 10000 al 8000 a.C.) y ÇatalHüyük (Turquía, 6000 a.C,) se han encontrado muros revestidos y suelos pavimentados con arcillas y cal, llegándose incluso a pulir las superficies. Esto indica que la piedra no fue el primer material de construcción, al menos en la arquitectura doméstica, a pesar de la escasa robustez del barro no cocido, que no obstante cumplía la necesidad constructiva básica de conferir estabilidad estructural a las edificaciones públicas y privadas de estas culturas. Por tanto, el origen y desarrollo de los morteros es el resultado del sentido estético de hombre. De hecho, esta necesidad ha subsistido en todas las épocas históricas y culturas, lo que ha condicionado el desarrollo de tipos particulares de morteros adecuados a estas funciones estéticas.

A pesar del antiguo conocimiento de la cal aérea, las primeras grandes culturas de la edad antigua, en Mesopotamia y Egipto, desarrolladas en las riberas de los grandes ríos del Medio Oriente, no hacen un uso extensivo de este material para sus construcciones. La escasez de materiales pétreos en algunas de estas áreas, y la abundancia de limo en los lechos de los ríos Éufrates, Tigris y Nilo, condicionó una arquitectura inicial entroncada con las formas constructivas neolíticas, esto es, basada en el barro mezclado con productos naturales y/o artificiales variados.

Las tendencias constructivas de Mesopotamia y Egipto se desvían entre sí desde un primer momento en lo referente a los materiales utilizados en las grandes construcciones como templos, palacios y tumbas. Mientras en Egipto se construyeron con piedra, en Mesopotamia se siguió utilizando durante bastante tiempo el barro y ladrillo. Así, la utilización originariamente del ladrillo se transfirió a toda el área de influencia de las culturas mesopotámicas, llegando a su etapa más evolucionada durante los distintos períodos del imperio Persa, y de ahí al imperio islámico.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

La estabilidad estructural de estas construcciones de adobe y ladrillo se debe en gran parte a la utilización de morteros a base de arcilla fluida mezclada con tierra o arena y otros materiales naturales como sustancias bituminosas de tipo asfáltico. Por tanto, puede excluirse al ladrillo de la calificación de mortero, al conformarse como elementos pétreos artificiales independientes, pero el barro mezclado con tierra o arena y otros componentes utilizado para tapiales y para unir piezas sí debe considerarse como (Universidad de Granada, 2007).

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. El aglomerante más utilizado era la cal aérea, que experimentó un importante desarrollo con la civilización romana. A esta última se debe, sino la invención del mortero de cal hidráulica o mortero puzolánicos que posiblemente se deba a los griegos o etruscos, si su desarrollo y utilización masiva en todo tipo de construcciones, tanto como para asegurar la unión o fijación de piezas en paredes y otros elementos constructivos como en revestimientos y como elemento de base para la fabricación de hormigones. Las características esenciales de este tipo de mortero, que consta de mezclas cal aérea y polvo de rocas volcánicas y de cerámica, es que su fraguado se verifica en contacto con agua y que presenta propiedades mecánicas mejores que las de los morteros de cal aérea y/o yeso para funciones estructurales.

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 fueron de mala calidad, constituidos esencialmente de cal aérea por mezclas de cal aérea y yeso (morteros bastardos).

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, redunda en nuestra actual calidad de vida (Universidad de Granada, 2007).

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.

Clasificación de los morteros

Para la clasificación se puede dividir su estudio según: concepto, aplicación, fabricación, conglomerante debido a la variedad de las propiedades y aplicaciones en la construcción.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

1. Según el concepto:

Según el concepto se definen dos tipos de morteros:

Morteros diseñados: la composición y el sistema de fabricación se han elegido por el fabricante con el fin de obtener las propiedades especificadas.

Morteros por receta o prescritos: se fabrican a partir de los componentes primarios (conglomerante y árido) en unas proporciones predeterminadas. Las propiedades de estos morteros de receta dependen de las características de sus componentes y dosificación.

2. Según su aplicación.

Morteros de revestimientos: pueden ser aplicados de la siguiente forma: manual o proyectados con máquinas. Estos últimos tienen una dosificación específica para este tipo de aplicación en función de parámetros como el contenido de finos, capacidad de retención de agua, la adherencia en estado fresco y sobre todo bien fluidos.

Morteros de reparación: están dotados de dosificaciones muy estrictas para cumplir con las exigencias de la puesta en obra, realizar reparaciones industriales y en estructuras de hormigón.

Morteros autonivelantes: Estos mantienen una gran fluidez con una baja relación agua/cemento sin segregación de sus elementos y manteniendo buenas propiedades de adherencia.

Morteros de relleno tipo grouts: Son morteros especiales con características expansivas que se utilizan como puente de unión entre elementos de hormigón y maquinarias, en operaciones donde se inserten pernos y se requiera una unión sólida y para relleno de vainas de cables en elementos pre o postensados.

3. Según el sistema de fabricación.

Mortero preparado “in situ”: Mortero compuesto por los componentes primarios, mezclados y amasados en el lugar de construcción.

Mortero industrial: Mortero dosificado y mezclado en la fábrica, que se suministra al lugar de construcción. Este mortero puede ser “mortero seco” que exige la adición y amasado con agua para su utilización o “mortero húmedo” que está retardado y se suministra listo para su empleo.

Mortero industrial semiterminado: Material cuyos componentes se mezclan en fábrica y se suministran al lugar de construcción, en donde se mezclan y amasan en las proporciones y condiciones especificadas por el fabricante.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

4. Según tipo de conglomerante:

- ✓ Cemento.
- ✓ Cemento mezclados.
- ✓ Cal aérea / cal hidráulica.

Propiedades físicas y mecánicas de los morteros.

Dentro de las prestaciones que ofrece un mortero se distinguen dos etapas diferenciadas por su estado físico, que se denominan estado fresco y estado endurecido. En la confección de los morteros interviene de manera decisiva las propiedades de los materiales que lo componen.

1. Estado fresco

Este responde a la fase del mortero una vez mezclado y amasado. Su duración varía de acuerdo con el tiempo de fraguado requerido por la proporción que integra la mezcla así como, por la temperatura, humedad, etc. En esta etapa el mortero es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra. Superada esta fase, el mortero endurece hasta consolidarse. Por ello, es preciso diferenciar diversas propiedades y exigencias en función del estado en que se encuentre el mortero.

Laborabilidad y Consistencia

La consistencia es la facilidad que posee el mortero fresco para mantener la forma. Depende principalmente, del agua del amasado pero se ve influenciada por otros factores como la granulometría, la forma del árido y la dosificación de cemento (González, 1992). Esto indica la fluidez necesaria para morteros de albañilería, esta será de 190 mm ± 5 mm de diámetro.

La consistencia de un mortero define la laborabilidad del mismo, por lo que esta mejora con la adición de cal, plastificantes o airantes. Una buena trabajabilidad se logra con morteros de consistencia plástica, que permite a la pasta conglomerante bañar la superficie del árido, en otros casos se forman morteros excesivamente secos o no trabajables, o bien, muy fluidos con tendencia a la segregación, por tal motivo la trabajabilidad sería engorrosa.

Relación agua- cemento

Si bien la relación a/c no es una propiedad del mortero fresco, es una variable muy importante en la dosificación del mortero, y que influye en muchas de las propiedades tanto del mortero fresco (ej. consistencia), como en las del mortero endurecido (resistencias mecánicas).Una relación a/c baja permite obtener morteros de mayores resistencias que una relación a/c alta, si bien a mayor relación a/c mejor laborabilidad.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Debido a esta demanda de agua se hace ineludible el uso de aditivos químicos con el propósito de proporcionarle a la mezcla la docilidad y compactación necesaria, manteniendo constante la relación agua-cemento, siendo su principal función el mejoramiento de las propiedades del mortero que son: mayor resistencia a edades tempranas y finales, o mayor rendimiento del cemento en las mezclas sin afectar su resistencia mecánica y manteniendo la consistencia en un valor razonablemente útil. (Howland, 2005).

2. Estado endurecido

Las propiedades en estado endurecido son estipuladas por las prescripciones de proyecto y por el cumplimiento de las exigencias normativas y reglamentarias.

Resistencia a flexión

La principal característica estructural del mortero es su resistencia a esfuerzo de compresión en cambio la resistencia a flexión solo llega a valores aproximados del 8 al 12 % de su resistencia a compresión.

La resistencia a flexión, es más sensible que la resistencia a compresión a la forma y textura de los áridos. En la resistencia a compresión, el efecto beneficioso de la irregularidad del árido es compensado por la mayor necesidad de agua exigida para la misma consistencia, así que, manteniendo el efecto de la consistencia el beneficio en flexión, a igualdad de relación agua/cemento lo compensa excesivamente (Delibes, 1987).

Unos de los principales factores que pueden alterar la resistencia a compresión es el contenido de huecos, mientras que la resistencia a flexión se verá alterada principalmente por la adherencia entre el árido y el mortero. Una gran concentración de arcillas, puede hacer que estos se agrupen formando una delgada capa sobre la superficie de los áridos.

Debido a este fenómeno se realizan ensayos para determinar si ha fallado la zona de interfase árido-pasta o si la falla viene dada por la falta del material más grueso. Estos ensayos prácticamente se han ido eliminado de la práctica sistemática del hormigón, pero la determinación mediante el ensayo es muy confiable. La (NC, 175: 2002) plantea que la determinación de la resistencia a flexión y compresión se realiza sobre probetas prismáticas de40 x 40 x 160 mm. La resistencia a flexión viene dada por la carga necesaria para romper cada probeta en dos mitades, la resistencia a compresión se determina a continuación sobre cada una delas mitades mediante la aplicación, hasta la rotura de una carga uniformemente repartida.

Influencia de los agregados pétreos en la zona de interfase

Ante la aplicación de cargas en el hormigón, el microagrietamiento se inicia generalmente en la zona de interfase (ITZ) entre el agregado fino y el mortero que lo rodea; y posteriormente en el momento de la falla ante el incremento de las cargas, el patrón de grietas siempre incluye a la interfase; lo anterior subraya la importancia de esta zona del

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

hormigón. Por ello es necesario darle la debida importancia a las propiedades y el comportamiento de la zona de interfase (Neville ,1999).

La zona de interfase tiene su propia microestructura. La superficie del agregado se cubre con una capa de cristales orientados de $Ca(OH)_2$, (hidróxido de calcio) con un espesor aproximado de 0,5 μm, tras de ésta hay una capa de silicato de calcio hidratada, también de aproximadamente 0,5 μm de espesor; estas capas son conocidas como la película doble. Más alejada de los agregados está la zona de interfase principal de unos 50 μm de espesor, conteniendo productos de hidratación del cemento con cristales más grandes de $Ca(OH)_2$, pero menores que los de cualquier cemento hidratado (Neville, 1996).

La zona de interfase no sólo existe en la superficie de las partículas del agregado grueso sino también alrededor de las partículas de la arena, aquí el espesor de la zona de interfase es más pequeña, pero la suma de las zonas individuales generan un volumen muy considerable, al grado que el volumen total de la ITZ está entre un tercio y un medio del volumen total de la pasta de cemento endurecida. La microestructura de la zona de interfase es grandemente influenciada por la situación que existe en la cubierta final, en esta zona las partículas de cemento son incapaces de unirse estrechamente con las partículas relativamente grandes del agregado; en consecuencia, la pasta de cemento endurecida en la zona de interfase tiene una porosidad mucho mayor que la pasta de cemento endurecida más alejada de las partículas del agregado.

Según (Cetin y Carrasquillo1998), la diferencia entre los módulos de elasticidad del agregado y de la pasta de cemento endurecido influye en la tensión en la interfase de los dos materiales; una mejor conducta monolítica se logra cuando la diferencia entre los módulos de elasticidad es baja. Bajo este contexto, es importante considerar la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento endurecida que lo rodea, reconociendo a la interfase como un elemento de gran importancia en el modelo estructural del hormigón.

Una de las preocupaciones al largo de la historia del hormigón, ha sido la naturaleza de las fracciones que pasan el tamiz No.200 por su influencia en las características del hormigón, los estudios realizados muestran que la arcilla de las arenas calizas resulta muy perjudicial para la resistencia tanto a tracción como a compresión (Ramírez et al., 1985).

“Lo que hace caer las resistencias es la proporción de arcilla dentro de los finos, el efecto de la arcilla es tanto más acusado cuanto mayor es el contenido total en finos” (Oroviogoicoecea , 1981). El problema reside en que las arcillas poseen una mayor superficie específica a igual tamaño que las calizas, así que la demanda de agua es superior.

Resistencia a compresión

La resistencia a compresión no es más que la máxima resistencia medida de un ejemplar de hormigón sometida a una carga axial. Esta propiedad es válida y se mide en hormigones y morteros. Además es el principal parámetro utilizado para medir la calidad de este material.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Desde los primeros años en los que el concreto se empezó a utilizar como material estructural se encontró que la relación entre el agua y el cemento, utilizados en la mezcla, tiene una gran influencia en la resistencia (Solis et al., 2008).

Según (Neville ,1996) la resistencia a compresión depende principalmente de:

- ✓ Relación agua/cemento(a/c): el aumento de arcillas aumenta la demanda de agua para su amasado ya que aumenta la superficie del árido a mojar. Este incremento implica que para obtener igual docilidad, serán necesarias mayores cantidades de agua aumentando la relación agua/cemento y disminuyendo por tanto su resistencia.
- ✓ Nivel de compactación (a mayor compactación se obtiene una mayor resistencia).
- ✓ Cantidad de cemento (a mayor cantidad de cemento se obtiene una mayor resistencia).
- ✓ Granulometría de los áridos: el árido grueso es el que proporciona la resistencia al hormigón.

Otros autores como (Ottazzi, 2004) plantean que:

a) En todos los concretos de buena calidad, la resistencia de las partículas de agregado es mayor que la de los demás componentes del concreto, de modo que los elementos importantes en la resistencia del concreto son, la resistencia del propio cemento hidratado (matriz) y la resistencia de la interfase matriz - agregado.
b) La relación agua - cemento (*w/c*). Esta es tal vez la variable más importante, una relación *w/c* baja, reduce la porosidad de la matriz o pasta de cemento y mejora la traba entre los sólidos aumentando la resistencia. Por el contrario una relación alta aumenta la porosidad de la matriz y de la zona de transición entre la matriz y los agregados, reduciendo la resistencia.
c) El aire incorporado (aire incluido o incorporado) en la mezcla a través de aditivos, tiende a reducir la resistencia en compresión. También el aire que queda atrapado (aire atrapado) por una consolidación no adecuada del concreto dentro de los encofrados, tiende a reducir la resistencia.

De acuerdo con (Ramírez et al., 1985), el uso de una granulometría gruesa o fina influirá en la resistencia final. Emplear una granulometría gruesa en vez de fina produce una mejora en la resistencia para iguales condiciones de plasticidad.

Desde el punto de vista práctico, la relación agua/cemento según lo planteado con anterioridad es el factor que más influencia tiene en la resistencia del mortero totalmente compactado pues la misma determina la porosidad del cemento endurecido en cualquier momento de su hidratación.

"La resistencia del mortero está influenciada principalmente por el volumen total de huecos: aire ocluido, poros capilares, poros de gel y aire introducido. Es frecuente encontrar a las arcilla formando una delgada capa sobre la superficie de los áridos de mayor tamaño, reduciendo de este modo la adherencia entre la pasta del mortero y el árido grueso" (González, 1992).

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Muy relacionado a la cantidad de cemento lo cual no puede afectar la cantidad empleada son los procesos de manufactura pues grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) son liberadas a la atmósfera. Se calcula que entre 0.65 – 0.90 toneladas de CO_2 son emitidas por cada tonelada de cemento fabricado (Citado por: Vizcaíno,L., 2014,p.1), lo que hace responsable a esta industria de entre 5 – 8 % de las emisiones globales, por lo tanto una tendencia es la reducción del factor de clínquer mediante el empleo de MCS (materiales cementicios suplementarios), perfilándose como la alternativa con mayores perspectivas de aplicación a corto plazo para la reducción de las emisiones de CO_2 (Vizcaíno,2014).

Adherencia

Esta propiedad se da tanto en el mortero fresco como en el endurecido.

La adherencia es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga.

En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie sobre la que se va a colocar el mortero sea tan rugosa como sea posible y tenga una absorción adecuada, comparable con la del mortero.

Otro concepto plantea que la adherencia es la propiedad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie mortero-base.

En el mortero fresco: La adherencia es debida a las propiedades reológicas de la pasta de cemento o cal. La adherencia en fresco puede comprobarse aplicando el mortero entre dos elementos a unir y separándolos luego al cabo de algunos minutos. Si el mortero permanece adherido a las dos superficies, existe buena adherencia.

En cambio, si se desprende con facilidad y no deja apenas señales en las bases, la adherencia es mala. En obra, esto es de gran interés, pues permite juzgar la calidad de un mortero, simplemente levantando un ladrillo colocado recientemente sobre él.

En el mortero endurecido: la adherencia depende, fundamentalmente, de la naturaleza de la superficie sobre la que se haya aplicado, de su porosidad y rugosidad así como, de la granulometría de la arena. Cuando se coloca el mortero fresco sobre una base absorbente, parte del agua de amasado, que en disolución o en estado coloidal de los componentes del conglomerante, penetra por los poros de la base produciéndose, en el interior de ésta, fenómenos de precipitación y transcurrido un cierto tiempo se produce el fraguado, con lo que estos precipitados ejercen una acción de anclaje del mortero a la base, lográndose así la adherencia. Interesa por tanto, que el mortero ceda fácilmente agua al soporte, y que la succión se produzca de manera continua, sin que existan burbujas de aire que la corten (como ocurriría con los morteros aireados).

La pérdida de agua puede llegar a rigidizar de manera excesiva el mortero, dificultando la colocación de la siguiente hilada, la cual a su vez, también ejerce succión sobre un mortero

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

que apenas posee agua para ceder, dando como resultado una disminución de adherencia en la junta con el ladrillo superior. Por todo ello, si la base fuera muy absorbente, conviene humedecer algo su superficie para evitar una rigidización excesiva del mortero o aplicar pasta pura para sellar los poros. Al depositar el mortero en una superficie no absorbente, la lechada de conglomerante no puede ejercer su función de anclaje. Sin embargo, se pueden mojar las superficies a unir, y formar una película de pasta pura lo suficientemente porosa para que el resto del mortero se adhiera a ella. No es de desear por tanto, zonas de contacto puntual de la arena con la base, ya que impiden el recubrimiento de lechada en esos puntos. Para evitar este inconveniente, puede emplearse el salpicado de la base con una capa de pasta pura o bien, utilizar morteros de mayor riqueza de conglomerante.

La adherencia entre el árido y la pasta del mortero es importante para la resistencia a compresión. Todos los hormigones, cuando no están cargados, presentan un número limitado de fisuras de adherencia entre el árido y el mortero (Dópico et al., 2008), como producto de la retracción durante el fraguado. Cuando estos mismos morteros se someten progresivamente hasta un 70% de su esfuerzo de rotura, se incrementan casi linealmente las fisuras de adherencia tanto en número como en longitud según (Romo ,2009), lo que añadido a la deformabilidad de los materiales permite mantener una relativa linealidad entre los esfuerzos y las deformaciones. Cuando los esfuerzos se aproximan al 90% del esfuerzo de rotura, las fisuras de adherencia crecen exponencialmente, y aparecen fisuras de mortero que unen las fisuras de adherencia, lo que conduce a rajaduras continúas que terminan produciendo la rotura del mortero.

Estudios realizados por (González, 1992) demuestran que el aumento de arcillas, supone normalmente una cierta disminución de resistencia, aunque esta afirmación debe ser matizada en función de la cuantía de la disminución.

Absorción de agua y porosidad

La absorción de agua afecta a los morteros expuestos a las inclemencias meteorológicas. Si el mortero es permeable al agua transpira hasta el interior; originando la consiguiente aparición de humedad por filtración. Además, favorece al tránsito de partículas o componentes no deseables para la durabilidad del elemento como por ejemplo, la aparición de eflorescencia (Martínez, 2013).

En el caso de la porosidad en los morteros es la propiedad que tiene de dejar huecos en su masa donde se pueden alojar líquidos o gases, es lo contrario de la compacidad. Los líquidos o gases pueden penetrar en esos huecos sin ayuda de una presión externa solo por capilaridad.

Cuando más pequeños y numerosos sean los huecos mayores será la tendencia a penetrar los líquidos por capilaridad (Menéndez, 1945).

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

Durabilidad

Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que presenta el mortero ante agentes externos como: Baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes corrosivos. En general, se puede decir que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad.

Apariencia

La apariencia del mortero después de fraguado juega un importante papel en las mamposterías de ladrillo a la vista; para lograr una buena apariencia es necesario aplicar morteros de buena plasticidad.

Conclusiones

El surgimiento de los morteros está íntimamente ligado al de los aglomerantes, que forman la parte más importante de su composición. Existen diversas clasificaciones de morteros, destacándose en importancia el mortero de albañilería puesto que se pueden hacer diferentes modificaciones en las adiciones para su empleo. Las propiedades de un mortero en estado fresco y endurecido determinarán la calidad del material ya que de ella depende la resistencia frente a solicitaciones de cargas y la durabilidad destacándose como la de mayor importancia la adherencia al sustrato.

Bibliografía

ACANDA, J. *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas en morteros de albañilería con mezclas de arenas, lodo de cantera residual y cemento Portland P-350,82 h.* Tesis en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Matanzas (Cuba). 2014.

CETIN, A., CARRASQUILLO, R., *High-performance concrete: influence of coarse aggregates on mechanical properties. ACI Materials journal*, 1998.

DELIBES, A.; 1987. *Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón*, España, Intemac, 1987.

DÓPICO, J. *et al*. *Desarrollo de hormigones con cal-puzolana fina como material cementicio suplementario*. Ingeniería de Construcción, 2008.

FERRÁNDIZ, V. Y GARCÍA , E. Caracterización física y mecánica de morteros de cemento Portland fabricados con adición de partículas de poliestireno expandido (EPS). *Revista electrónica Contexto de Materiales de Construcción* [en línea]. No. 1-III-12, España [Citado 27 septiembre 2016]. Disponible en: *https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/35119/1/**2012***

(c) 2016, Universidad de Matanzas

ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

FERRÁNDIZ, V. Y GARCÍA , E. Caracterización física y mecánica de morteros de cemento Portland fabricados con adición de partículas de poliestireno expandido (EPS). (España). 2012.

GONZÁLEZ, P. *Influencia de los finos en las características mecánicas de los hormigones fabricados en Navarra*. Tesis en opción al título de doctor en Ciencias. Departamento de Edificación. Programa de doctorado en Arquitectura. 1992.

HOWLAND, J. Curso de Postgrado Tecnología del hormigón. (Cuba). 2005

JIMÉNEZ, P.; GARCÍA A.; MORÁN, F. *Hormigón Armado* (14 edition), Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona. (España). 2000.

MARTÍNEZ ZAMORA, L. *Límites de conformidad de finos pasados por el tamiz 200. Influencia reológicas- mecánicas en la matriz de hormigón*, 83 h. Tesis en opción al título de Ingeniero Civil Trabajo de diploma en opción a Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas (Cuba). 2013

MENÉNDEZ, J. *Una lección sobre morteros*. Editora Imprenta de la Universidad La Habana, La Habana, (Cuba), 1945.

NEVILLE, A. *Properties of concrete*, Prentice Hall, (México). 1996.

NEVILLE, A. *Tecnología del hormigón*, IMCYC, (México). 1999.

OFICINA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN NC 175:2002. Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a flexión y compresión. (Cuba). 2002.

OFICINA TÉCNICA DE NORMALIZACIÓN NC 251:2013. Áridos para hormigones hidráulicos-Requisitos. (Cuba). 2013.

OROVIOGOICOECHEA, A., *El contenido en finos de las arenas para hormigones*, 1981.

OTTAZZI, G. *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado*. Tesis para optar el grado académico de Máster en Ingeniería Civil. Pontífica Universidad Católica del Perú. (Perú). 2004.

RAMÍREZ, J. L., BARCENA, J. M. Y URRETA, J. I. *Arenas calizas para la confección de hormigones: influencia de sus finos calizos y arcillosos a nivel de morteros.* 1985.

ROMO PROAÑO, M. *Fundamentos del hormigón simple*. Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador. (Ecuador). 2009.

UNIVERSIDAD DE GRANADA, *Morteros de Construcción y Ornamentación* [on - line], 2007 [citado: 22 de Mayo de 2014], Disponible en: *http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm*.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X

VÁZQUEZ, A. *Evaluación de los diseños de morteros con cemento PP-25, arena y polvo de piedra*, 74 h. Tesis en opción al título de Ingeniero Civil Trabajo de diploma en opción a Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas (Cuba). 2012.

VIZCAÍNO, L. *Cemento de bajo carbono a partir del sistema cementicio ternario clínquer – arcilla calcinada – caliza*, 104 h. Tesis en opción al título de doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Central de Las Villas "Martha Abreu", Villa Clara (Cuba). 2014.

(c) 2016, Universidad de Matanzas
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X