

## Capítulo XIII

### MORTEROS Y CONCRETOS.

#### A.- MORTEROS.-

**GENERALIDADES.-** Se entiende con este nombre, mezclas de materiales cementantes con material inerte fino, menor de  $1/4''$ , que puede ser arena, escoria, etc. Sirven para poner en obra los materiales de arcilla y rocas naturales o artificiales. Los mas comunes -- son mezclas apropiadas de cemento y cal con arena o de los tres con el agua, batidas hasta consistencia plástica y homogénea. La arena evita la contracción excesiva, aumentando la porosidad. El cemento actúa como aglomerante y la cal aumenta la adhesividad. Los Morteros tienen una estrecha relación con los concretos, de los cuales se diferencian porque estos últimos contienen material inerte grueso (Piedra quebrada, grava y escoria, etc. coincidiendo en muchas de sus propiedades y características, así como en su preparación. Aunque en esencia el nombre de Morteros y Concretos se refiere -- a productos derivados de los materiales cementantes hidráulicos, algunos plásticos de arcilla y otros pueden dar productos de tipo semejante (Pág. 107).

**PREPARACION.-** Pueden obtenerse a mano, mezclando con azadón y pala, pero lo mas conveniente es prepararlos en mezcladoras mecánicas, en un tambor de 200 pies/m. de velocidad tangencial, por unos dos minutos. Una máquina llamada de cañón para depositar morteros de cemento, consta de dos cámaras cerradas, comunicadas con una válvula de cono y mantenidas a la misma presión con aire comprimido. La mezcla se admite en la superficie con una válvula también de cono y se alimenta continuamente a la inferior, la cual pasa al mortero por una manguera al lugar del depósito, a través de una boquilla especial, depositandolo con gran fuerza, de tal manera que se elimina el agua sobrante y se forma una mezcla de gran compacidad.

La relación de los constituyentes varía según las necesidades; pero en general, cuando se desea resistencia se usa una parte de cemento Portland, 1 de cal y 3 de arena, si no es así puede usarse una de cemento, una de lechada, de cal, y 6 de arena en volumen. Cuando tienen poco o nada de cemento se llaman Morteros de Cal, mientras que los anteriores son de Cal y Cemento. Cuando contienen poca cantidad de cal, no mayor de 15% del volumen del cemento, se llaman Morteros de Cemento. Los ingredientes se miden en recipientes de volumen conocido, a veces se añaden en peso. La cantidad de agua depende de la resistencia y consistencia buscada, disminuye con la disminución de cal y añadida en exceso afecta la resistencia por que su evaporación produce excesiva contracción y porosidad así que debe agregarse solamente la cantidad necesaria para producir la consistencia buscada. Las cantidades de agua necesarias son: 90% del peso de cal, 35% del peso del cemento y 17% del peso de la arena. No deben usarse aguas duras o saladas, porque las sales presentes son causa de eflorescencias molestas.

**PROPIEDADES.-** Dos son las más importantes en un mortero. La adhesividad y la plasticidad, la primera aumenta con el contenido de cal, al mismo tiempo que disminuye la coherencia característica del cemento. La plasticidad aumenta con la fineza del cemento, por aumentar la superficie expuesta a la hidratación y facilitar mas el recubrimiento de los granos de arena. Los morteros de cal y cemento

son los mas plásticos, la cal les da plasticidad y el cemento les da su propiedad de fraguado. La arena disminuye la plasticidad. Otra propiedad importante es el encogimiento o contracción, aumenta con la adición de cal y cemento pero menos con éste último, disminuye con la adición de arena, pero esta solo puede añadirse hasta cierto punto, porque en cantidad excesiva disminuye la resistencia del mortero y le hace perder su plasticidad y adhesividad. Con excepción de los morteros de cal y arena, los demás no pueden ser remezclados una vez que se han endurecido y morteros de cemento no deberán dejarse en pilas excesivas de agua hasta el día siguiente como se acostumbra en algunas partes.

**MORTEROS DE CAL.**- La mezcla de cal y arena se endurece muy lentamente, por la absorción gradual de anhídrido carbónico para formar carbonato de calcio, aumentada por el aumento en porosidad debido a la arena, no teniendo acción química sobre ésta, aunque es probable que con el tiempo se forme algo de Silicato de calcio. Presentan gran plasticidad y son los únicos morteros que pueden prepararse en grandes cantidades y almacenarse hasta que se necesitan, pudiendo ser mezclados a la consistencia deseada. En la preparación puede emplearse cal hidratada o cal viva, necesitando la 2a. mayor cantidad de agua (165-200% en peso); generalmente se usan 2 1/2 á 3 partes de arena por 1 de pasta de cal, cantidad suficiente para llenar los vacíos de la arena, debiendo dar un color y consistencia uniforme antes de usarse.

Los morteros altos en cal muestran baja resistencia, fraguado mas lento, gran plasticidad y un gran encogimiento. El uso de excesiva cantidad de arena produce morteros poco plásticos y de poca resistencia, por la gran porosidad producida. Cuando se pone menos de la conveniente, la pasta se encoge demasiado y se parte. La fineza de la arena afecta también las propiedades del mortero, mezclando arena de diferentes granos disminuye la porosidad.

**USOS.**- Varían con la proporción de los componentes y aunque con muchas aproximación pueden considerarse las siguientes relaciones en volumen: Para enjarrado y trabajos de albañilería, en lugares expuestos o húmedos: morteros de cal-cemento de relación 1;1;6 o de Cemento natural-arena de relación 1:2 o 1:3. Morteros de Cemento para superficies de pisos y aceras, de relación 1:1 á 1:2. Para recubrimiento a prueba de agua, de 1:0 á 1:2. Para ladrillos y bloques de concreto, de relación 1:2 1/2 á 1:4. Para tubos de drenaje, de relación 1:0 á 1:2.

#### B.- CONCRETO.

**GENERALIDADES.**- Se considera como concreto una mezcla de material grueso, (formado por piedra quebrada, grava o partículas inertes similares), con suficiente cantidad de material fino para llenar los espacios vacíos (arena) y apropiada cantidad de cemento y agua para formar una pasta susceptible de endurecerse con buena resistencia. Cuando se requiere gran resistencia se reforza con acero.

**MATERIAS PRIMAS.**- El material inerte debe de tener una graduación tal de tamaños que se obtenga la mayor compacidad posible, las partículas de un solo tamaño dan agregados menos densos y de menor resistencia. Se clasifican como agregados finos, partículas menores de 1/4" y comprenden: Arena, escoria pulverizada, etc. y como agregado grueso las partículas mayores, que pueden ser: piedra quebrada (granitos, basaltos, diorita, cuarcita, etc.), gravas, (cascajo), es-

coria, etc. La arena debe tener una composición granulométrica adecuada, mas bien gruesa que fina, no mas de 50 % de malla 30 y no mas de 10 % de malla 100. No debe de contener mucha materia orgánica (7.1 %) ni un exceso de arcilla y limo mayor de 3 % (removido por decantación). El agregado grueso debe igualmente estar bien proporcionado y libre de materias orgánicas, arcilla, etc. El máximo tamaño usado varía con el trabajo (2 1/2"), una buena proporción es: 95%, pasando el máximo, 30 a 70%, por una abertura de la mitad y no mas de 10% por malla 4. La dureza del material usado depende de la clase de trabajo, para pisos, pavimentos, etc., debe ser elevada (granitos, cuarcitas) para evitar perjuicios por absorción, (rocas de tipo suave no deben ser usadas). Se prefiere el uso de piedra redonda o cúbica (grava), por su menor % de vacíos. Lo que produce un concreto mas compacto, con menor cantidad de mortero forma concretos mas fluidos y densos, que requieren menos manejo. Por otra parte, la piedra quebrada en forma de piezas, en forma aplastada o alargada, necesita mas mezclado para aumentar la compacidad, pudiendo producir concretos resistentes y densos cuando estan bien entremezclados y dando gran adhesividad por la superficie rugosa que presentan. De las rocas quebradas usadas la mas común es la caliza, junto con la dolmita forma concretos que si bien no son tan duros como los granitos, resisten mejor el fuego y la abrasión, desgastandose mas uniformemente. No deben ser porosos y no deben contener mucho polvo si se usan con arena fina, la piedra se gradúa en tamaños de 1/4" a 1/2".

**RELACION DE LOS COMPONENTES.**- El factor de mas importancia en determinar las propiedades del concreto es la proporción o relación en que deban intervenir los materiales para un trabajo particular, de tal modo que se obtenga la máxima resistencia al menor costo posible, se debe tender sobre todo a disminuir sin perjuicio la cantidad de cemento empleado, también es necesario escoger el tipo de material mas adecuado para un uso particular, por el ej. para resistencia al fuego debe de tener material no combustible, de alto calor específico (escoria), el concreto espuesto a la congelación debe de contener la misma cantidad de agua y un cemento de fraguado rápido etc. De gran importancia también es la cantidad de agua necesaria, la cual afecta la resistencia y otras propiedades. Se calcula sobre la cantidad de cemento en volumen o en peso, aumenta con la disminución de éste y es directamente proporcional a la relación entre el volumen total y el volumen del cemento. Aproximadamente un saco de 50 Kgs. de éste, requieren de 10 a 12 Lts. de agua, para hidratación completa y desarrollo de las reacciones químicas, pero para producir la fluidez necesaria requiere un poco mas, o sea de 25 a 35 Lts. Si la cantidad de agua fijada afecta la resistencia, debe disminuirse hasta lograr una proporción adecuada.

Para calcular ésta se emplean diferentes sistemas, basados en propiedades particulares, por ejemplo: En el análisis mecánico, en el volumen absoluto, en la relación de agua cemento, en el modo de graduación de fineza, en la cantidad de vacíos en el mortero, etc. dependiendo de su aplicación del control que pueda llevarse. Es común sin embargo, fijar una relación arbitraria basandose en el trabajo requerido, material disponible, etc. y luego modificarla de acuerdo con el trabajo y las propiedades buscadas. La cantidad de agua se fija según la consistencia y la resistencia deseadas. La resistencia (S), varía con la relación de agua cemento (X), según la fórmula:  $S = 14,000 / 7^X$  Las proporciones de agregado fino y grueso se fijan también probando distintas mezclas para obtener la mas manejable que de un concreto que no se segregue o se separe durante el

que de un concreto que no se segregue o se separe durante el transporte. La proporción de cemento depende del uso a que se destina, para concretos resistentes debe ser elevada, porque la resistencia disminuye con el aumento del por ciento de agregado. Su proporción con el agregado fino varía de 1:2 a a 1:4, procurando que quede un 10 a 12 % de vacíos sin compensar.

Otros hechos pueden tenerse en cuenta al hacer la selección - pueden ser los antes mencionados. Los agregados finos son menos densos y requieren mas cementos y agua. Las mezclas con 80 % de agregado grueso y 20 % de fino dan la mejor resistencia. La proporción con el agregado fino a la suma de los volúmenes individuales, varía con el tamaño máximo del agregado grueso, así, cuando éste es de 3/8" puede ser de 55 a 70 %, si es de 3/4" varía de 40 a 60% y si es mayor de 1", de 30 a 50 %.

A continuación se indican algunas relaciones en volumen, apropiadas para los usos descritos, pero en todo caso deben considerarse como mezclas de tipo general y no particular.

RELACION	USOS	PROPIEDADES
1 : 1 : 2	Mezclas ricas, para estructuras, columnas y vigas.	Resistencia a la intemperie o condiciones severas. Resistencia en 28 días: 390 Kgs/cm <sup>2</sup> . Requieren 18 lts. de agua por saco de cemento.
1:1 1/2: 2 1/2 1:2 1/4: 3 1/2	Mezclas normales para paredes, pavimentos, pisos etc., para reforzar columnas, arcos, maquinarias, etc.	Resistencia al agua y condiciones severas, resistencia a la vibración o choque. Resistencia, 315 Kgs./cm <sup>2</sup> . Requieren 22 lts. de agua.
1 : 1 1/2 : 3 1 : 2 1/4 : 4	Tubos de drenaje, tanques, compuertas, pavimentos, paredes de climas fríos, etc.	Resistencia al agua y a la congelación y cambios bruscos de temperatura. Resistencia, 260. Requieren 25 lts. de agua por saco de cemento.
1: 2 : 3 1: 2 1/2: 4	Mezclas medias para los mismos usos que las anteriores pero en climas templados.	Poca resistencia. Resistencia 210, llevan 27 lts. de agua por saco de cemento.
1 : 2 1/4 : 3 1/2 1 : 3 : 5	Mezclas pobres, para estructuras compactas, tirantes, paredes de retención, cimientos bajo carga estable, relleno, etc.	Poca resistencia (150), soportan los cambios de humedad severos, requieren 30 litros de agua.

La proporción de agua necesaria para una relación dada varía no solo con la proporción de cemento, sino también con la clase de estructura y las condiciones a que se va a sujetar. En general disminuye en los climas y condiciones mas severas (agua de mar, congelación y descongelación, etc.). Para mezclas ricas o pobres varía de 7.5 a 9.5 lts, por bolsa de cemento al pasar de las condiciones de máxima protección a las de máximo ataque.

#### PREPARACION DEL CONCRETO.

**MATERIALES.** - Conocida la relación, se calcula la cantidad necesaria para un volumen dado y se pasan o se miden los materiales en proporción con el número de bolsas de cemento de 45.37 Kgs. (100, lbs,) o de 50 Kgs. La gravedad específica (e) del cemento Portland es de 3.1 la del agregado se toma como de 2.65 y la del agua como 1. El volumen total de concreto no es igual a la suma de los volúmenes agregados, sino a la suma de los volúmenes absolutos, siempre que no tenga espacios vacíos. Los volúmenes absolutos se determinan de la relación entre densidad aparente y gravedad específica. Para el cemento es de  $1.52/3.1 = 0.49M^3$ , para el agregado fino es de  $1.68/2.65 = 0.635 m^3$ , para el agregado grueso de  $1.6/2.65 = 0.605 m^3$  y para el agua es de 1.

**MEZCLADO.** - Puede ser a mano o mecánico según la cantidad requerida, aunque se prefiere generalmente el mecánico. El mezclado a mano se efectúa mezclando en seco la arena y el cemento formando al final un amplio cráter en el cual se añade la cantidad calculada de agua y piedra, volteando la masa hasta obtener color y apariencia homogénea. Los mezcladores mecánicos pueden ser intermitentes o continuos. En el primero los materiales son añadidos en las cantidades calculadas, se añade luego el agua y se mezcla por un tiempo variable de 1 a 5 minutos, aumentando en la riqueza de la mezcla, un tiempo mayor de 5 m. no produce aumento apreciable en la resistencia. En el sistema continuo el mezclado no es tan uniforme, se regula el tiempo de carga y descarga con el tiempo de vaciado de la máquina, para dar un mezclado apropiado; el agua se añade continuamente desde antes de añadir los materiales, hasta el vaciado. En general los mezcladores consisten en una cámara rotatoria de forma variable, con o sin rebordes interiores, por ejemplo, el mezclador de cubo no requiere placas interiores. En la práctica las grandes masas de concreto se preparan en una planta central y se distribuyen en trocas, también en ciudades de gran número de habitantes se vende concreto preparado, distribuido en camiones equipados con agitadores para evitar la segregación.

**MANEJO DEL CONCRETO.** - Para pequeños trabajos se puede transportar carretillas o cajas de madera con manejerías, procurando que la distancia no sea muy grande y para grandes estructuras, en camiones, elevadores de canchales de gravedad, transportadores de banda, palas mecánicas de quijada, etc.; para túneles se transporta por aire comprimido. El vaciado por gravedad requiere una mezcla móvil muy húmeda, disminuyendo la densidad y resistencia del producto. La mezcla de consistencia seca se debe poner en capas no mayores de 20 cms. y no debe dejarse caer de gran altura, la húmeda se coloca en capas mas delgadas según la consistencia y el ancho de la sección transversal. El concreto vaciado puede distribuirse con azadones o palas y picarse en todas sus partes con palas mezcladoras. Para grandes vaciadas se usan vibradores eléctricos o neumáticos de gran importancia en la consolidación en paredes, columnas y otros -