

20j
54



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**DOSIFICACION DE MEZCLAS
DE CONCRETO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

Abel Ricardo Flores Montiel

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

| | PAG. | |
|--------------|---|----|
| CAPITULO I | INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO II | CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS | 4 |
| | Cemento | 4 |
| | Agua | 9 |
| | Aditivos | 11 |
| | Arena | 13 |
| | Grava | 13 |
| CAPITULO III | METODOS DE CALCULO | 23 |
| | Dosificación de Mezclas de Concreto Hidráulico | 24 |
| | Diseño de Mezclas de Concreto | 41 |
| | Práctica Recomendable para Dosificar Concreto de Peso Normal | 49 |
| CAPITULO IV | AUDIOVISUAL | 60 |
| CAPITULO V | CONCLUSIONES | 65 |
| | BIBLIOGRAFIA | |

I.- INTRODUCCION

El empleo de materiales cementantes en la construcción, es tan antiguo y va ligado a la evolución del hombre mismo, a través del tiempo; esto lo podemos comprobar, ya que los Egipcios utilizaron como material cementante en sus construcciones, yeso calcinado impuro, los Griegos y Romanos utilizaron caliza calcinada y con el tiempo aprendieron a mezclar; cal con agua, arena, piedra triturada y teja quebrada; siendo éste, el concreto o mezcla más antigua - del que tenemos conocimiento.

Para que se iniciara el uso del cemento en la construcción, se ha requerido un grado de civilización bastante avanzado, ya que en civilizaciones - menos avanzadas se utilizó en la construcción, tierra, la cual a base de tapias con sucesivas capas de barro bien apisonadas o con muros de piedra sin - adición de aglomerante alguno, se hicieron pequeñas construcciones.

Después de la época romana, empezó a decaer la calidad de los morteros, la decadencia continuó durante la edad media, siendo hasta el siglo XII - que la calidad es mejorada, haciendo que la cal esté bien cocida y tamizada, es tan importante el mejoramiento, dado que a fines del siglo XIV se encuentran - morteros excelentes, y a partir de este siglo los cementantes tienen una evolución creciente.

Es el siglo XVII donde se lleva a cabo la investigación más importante dentro del campo de la construcción, por John Smeaton, que se dedicó a investigar acerca de cuáles eran los mejores materiales de construcción que resistieran distintas condiciones del ambiente, descubriendo por vez primera, - las propiedades de la cal Hidráulica.

En 1824, se presenta la primera patente de fabricación por Joseph - Aspdin, a la cual se le dio el nombre de Cemento Portland, debido al parecido en su color al de la piedra Portland.

A partir de este año se difunde por todo el mundo el empleo de Cemento Portland, como material aglutinante en morteros y mezclas utilizadas en la construcción, provocando con esto un crecimiento ascendente hasta nuestros días.

El cemento se aplicó desde la más remota antigüedad, donde la mayor parte de concreto se hacía con cascote de ladrillo, cal y puzolanas, así mismo los demás componentes pasaron por diferentes etapas, y es casi al mismo tiempo del descubrimiento del cemento, que el mortero se mezcló con fragmentos recuños de piedra y agua, es decir el primer concreto hidráulico.

En los albores del concreto, la selección de las proporciones era muy arbitraria y los resultados fueron casuales, esto ocasionó que se investigara más acerca de una óptima combinación, el primer descubrimiento importante fue, la relación agua-cemento (ley de Abrams), provocando un cambio total en el proporcionamiento de los materiales, otro cambio total se debió, a la industria de máquinas trituradoras de agregados pétreos.

La tecnología del concreto ha avanzado hasta el punto de poder clasificar las mezclas, es decir, en el transcurso de los años, se han ideado algunos métodos o procedimientos para llegar a dicho objetivo, así encontramos métodos muy sencillos aplicables o utilizados por la facilidad de recordarlos y por que quizá no se requiera o exijan las características de un buen concreto, sin embargo existen métodos más exactos hechos por constructores que han recurrido de elaborar concreto para fines específicos y se ha logrado determinar las proporciones de ingredientes que cumplen las exigencias de cualquiera de las diversas aplicaciones del concreto.

La cada vez más especializada tecnología del concreto, ha dado pie para la aparición de parámetros fijados de antemano como son:

- Resistencia a compresión $f'c$
- Revenimiento
- Trabajabilidad
- Tamaño máximo de agregado grueso
- Granulometría
- Tipo de cemento

estos parámetros dan características únicas y definitivas al concreto.

Dado que el concreto simple es muy resistente a la compresión y débil a la tensión, se utilizó acero de refuerzo y surgiendo de esta combinación

(de concreto simple y acero de refuerzo) el concreto armado. Estos avances lo grados en la elaboración del concreto, se traduce en la ejecución de obras de ingeniería más atrevidas y seguras, imposibles de realizar en el pasado.

La dosificación o cálculo de mezclas es imprescindible de cualquier construcción terrestre o marina, como se ha dicho, es por ello que se tratará el tema de dosificación de la manera más clara, para así poder entender el procedimiento y aplicarlo según finalidad del proyecto y las características de los agregados utilizados en la elaboración del concreto hidráulico, para ello debemos atender al control de calidad y las pruebas específicas hechas al material antes y después de su elaboración, obteniendo con esto, un control de calidad aceptable y confiable en su utilización.

El concreto ha avanzado tanto, que ha sido necesario crear organismos que regulen y hagan investigaciones para su control de calidad, así como su uso, por eso en México existen organismos ligados entre sí, para regular las normas y calidad del concreto, siendo estos:

- Asociación Nacional de Concreto Premezclado.
- Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Colegio de Ingenieros Civiles de México.
- Colegio de Arquitectos de México.
- Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

El concreto como parte fundamental de la construcción, necesita tener la mayor atención posible, con esto lograremos mejores resultados en obra y el crecimiento de México se verá incrementado de manera más segura.

II.- CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS.

El concreto como material artificial, que resulta de la unión de cemento agregado fino y grueso, agua y aditivo, en proporciones definidas, lo podemos dividir en dos grupos, activos e inertes.

Son activos el agua, cemento y aditivo que al unirse provocan una reacción química por medio de la cual esa "lechada", fragua y endurece uniendo a los inertes hasta alcanzar gran solidez.

Son agregados inertes, la arena y la grava, que forman el esqueleto del concreto.

A la mezcla cementante se le denomina aglutinante.

En la elaboración del concreto hidráulico, las proporciones adecuadas, nos dan morteros y concretos con características mecánicas muy diversas.

A continuación se presenta la descripción y características de los elementos que componen el concreto hidráulico.

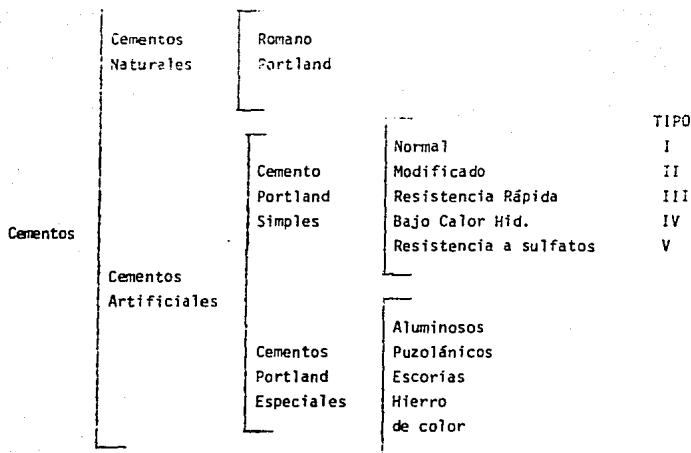
Elementos Activos

Cemento.-

def. = La A.S.T.M. (American for testing and Materials), define al cemento como "Cemento Portland, es el producto obtenido por molienda fina de clínker producido por calcinación hasta la temperatura de fusión incipiente, de una mezcla íntima, rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación excepto yeso calcinado o no y en cantidad no mayor que el 3%".

Esta definición es aceptada por todos los países, y es única y específica.

Clasificación de los Cementos



Las características de un cemento y otro están dadas según la variación de sus principales componentes, los cuales son:

| | | | Fórmula |
|-----------|-----------|--------------|-------------------|
| Silicato | | tricalcico | C ₃ S |
| Silicato | | dicálcico | C ₂ S |
| Aluminato | | tricalcico | C ₃ A |
| Ferroso | aluminato | tetracálcico | C ₄ AF |

Estos elementos constituyen aproximadamente el 90% del cemento, el 10% restante lo constituyen; yeso, cal libre, magnesio, álcalis, etc.

Procedimiento:

Los materiales que se utilizan en la fabricación del cemento portland deben contener óxido de silicio, óxido de fierro, óxido de calcio y óxido de aluminio como componentes básicos o de la mezcla íntima de calizas y ar-

cillas, las materias primas seleccionadas se pulverizan y se proporcionan para que la mezcla resultante tenga la composición química deseada, luego la mezcla preparada se alimenta dentro de un horno, cuya temperatura oscila entre 870 y 1650°C.

A esta temperatura los componentes químicos se combinan de nuevo y se funde para formar el clinker del cemento portland, este clinker se enfría y se pulveriza, para después añadirle una pequeña cantidad de yeso, a fin de regular el tiempo de fraguado del cemento. El producto pulverizado es el cemento portland terminado, el cual se muele tan finamente, que casi todo el material pasa a través de una malla con 40,000 aberturas por pulgada².

El cemento portland se fabrica por dos procesos diferentes y son:

- a) Vía húmeda
- b) Vía seca.

obteniéndose diferentes tipos de concreto.

Clasificación.-

Se fabrican diversos tipos de cemento para cumplir con los requisitos físicos y químicos determinados por propósitos específicos. La ASTM, considera 5 tipos de cemento - portland.

Tipo I.

Cemento de aplicación general adecuado para todos los usos, donde las propiedades específicas de otro tipo no se necesitan entre sus aplicaciones se incluyen en; pavimentos, andadores, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques y depósitos, tubos para agua, piezas de mampostería, etc.

Tipo II. Modificado.

Se destina a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de sulfatos. Genera menos calor de hidratación y el desarrollo de resistencia es más lento que el tipo I.

El tipo II se puede usar en estructuras de volúmen considerable, como grandes estribos, muros de contención, su uso minimiza la elevación de la temperatura, lo cual es muy importante cuando el concreto se cuela en regiones tropicales.

Tipo III (fraguado rápido y alta resistencia temprana).

Este cemento proporciona alta resistencia a edad temprana (1 semana aproximadamente), se utiliza cuando las cimbras se deben retirar lo más pronto posible, o cuando la estructura se debe poner en servicio rápidamente.

En clima frío, su uso permite una reducción del periodo de curado controlado.

Tipo IV (de bajo calor de hidratación).

Se emplea cuando la velocidad y cantidad de calor generado deben reducirse al mínimo. Este cemento desarrolla resistencia a menor velocidad que el cemento tipo I o normal, se destina a estructuras de concreto masivo, como las grandes presas de gravedad, donde el ascenso de la temperatura que resulta del calor generado durante el endurecimiento es un factor crítico.

Tipo V (resistencia a los sulfatos).

Este cemento se utiliza solamente en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos, su uso se destina en especial a los lugares donde los suelos o aguas subterráneas tienen un alto contenido de sulfatos. Su desarrollo de resistencia es más lento que el cemento tipo I o normal.

Otros tipos de cementos son:

C. Portland Incluidores de Aire.

hay 3 tipos diferentes y son IA, IIA, IIIA y corresponden en su composición a los tipos I, II, III.

C. Portland Blanco.

Se elabora con materias primas seleccionadas, que contienen cantidades insignificantes de óxido de hierro y de magnesio.

Cementos Compuestos.

son cementos especiales según las condiciones climatológicas y de servicio.

Cementos Portland - puzolanas (tipo IP, IPM).

se elaboran de cemento portland con una pequeña cantidad de ceniza volante.

Cemento Portland de Alto Horno (tipo IS, ISM).

es una mezcla de cemento de escoria, elaborado al moler rápidamente escoria de alto horno fría con cemento portland.

Las características más importantes que debemos revisar en la calidad del cemento son:

- a) **Finura del Molido.** Es una característica íntimamente ligada al valor hidráulico del concreto, ya que influye decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas, que tienen lugar durante su fraguado y primer endurecimiento. A mayor finura, la velocidad de hidratación del cemento, se incrementa y el calor se generará más rápidamente, en consecuencia la resistencia inicial será mayor.
- b) **Sanidad.** Es la propiedad que tiene una pasta de cemento fraguado a permanecer constante en sus dimensiones.
- c) **Peso Específico.** Varía muy poco y oscila entre 3 y 3.15 gr/cm³, siendo la limitación establecida por normas superior a 3.
- d) **Fraguado Falso.** Fenómeno que se presenta a pocos minutos de que el cemento hace contacto con el agua, y consiste en el endurecimiento casi inmediato de la mezcla.
- e) **Calor de Hidratación.** Es una reacción química del cemento y el agua a la cual se le llama hidratación, esta reacción produce una cantidad considerable de calor, este calor es fundamental y es proporcional al volumen de concreto colocado.

f) Resistencia a Compresión. Esta prueba nos dice la resistencia que alcanzó el cemento y es de mucha importancia, ya que un cemento de mejor calidad requiere menos cantidad de cemento.

El contenido unitario de cemento en la mezcla, influye de manera directa sobre los siguientes puntos:

Velocidad de endurecimiento, estabilidad dimensional, durabilidad, permeabilidad, apariencia y economía.

AGUA

Las fuentes de agua, que se encuentran normalmente al alcance para la fabricación del concreto son aceptables, sin embargo se recomienda que toda agua que no haya sido aprobada, se someta a un análisis comparativo de laboratorio, ya que el agua de amasado, juega un doble papel en el concreto; por un lado participa en las reacciones de hidratación del cemento; por otro, confiere al concreto la trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra.

La cantidad de agua de mezclado, debe limitarse al mínimo estrictamente necesario.

Un índice útil de carácter general sobre la aptitud de agua, es su potabilidad. Las excepciones se reducen casi exclusivamente a las aguas de alta montaña, cuya pureza les confiere un carácter agresivo, las aguas depuradas con cloro pueden emplearse.

Cuando el agua contine materias sólidas en suspensión debe prescribirse su empleo, ya que esos finos disminuyen notablemente la adherencia pasta agregado.

El agua que no tenga sabor salado ni mal olor, es adecuada para el concreto.

Es norma de buena práctica, mezclar siempre con agua dulce los concretos destinados a obras marítimas.

Análisis del Agua.

El análisis del agua solo se hace cuando no se conocen antecedentes de su utilización o en casos de duda.

Las limitaciones incluidas en las normas, suelen ser prudentes y con servadoras.

En la 2.1 se dan una serie de limitaciones de los elementos perjudiciales del agua.

Tabla 2.1.

ANALISIS DEL AGUA MEZCLADO Y CURADO

| Determinación | Limitación | Riesgos que se cumplen si no se cumple la limitación. |
|--|---------------------|--|
| P.H. | 5 | Alteraciones en el fraguado y endurecimiento. Disminución de resistencia y durabilidad. |
| Sustancias disueltas totales | máximo 15 gr/lit | Aparición de eflorescencias a otro tipo de manchas. Pérdidas de resistencia mecánica. |
| Contenido en ión-cloro | máximo 6 gr/lit | Corrosión de armaduras u otros elementos metálicos. Otras alteraciones del concreto. |
| Hidratos de Carbono | No deben Apreciarse | El concreto no fragua. |
| Substancias orgánicas solubles en éter | máximo 15 gr/lit | Graves alteraciones en el fraguado y/o endurecimiento. Fuertes caídas de resistencia. |

Aditivos

Aditivo, es una mezcla de productos químicos, presentados comúnmente en forma de solución, que se añade a una porción de concreto durante la mezcla con el propósito de modificar alguna de las propiedades del material fresco o endurecido.

Esos productos químicos no son sustitutos en la elaboración del concreto y es difícil que mejoren un concreto pobre.

Sin embargo, es conveniente usarlos para alcanzar un resultado determinado.

Algunas modificaciones que los aditivos producen en las propiedades del concreto son:

A) En el concreto fresco.

- Aumenta la trabajabilidad.
- Mejora la cohesión.
- Reduce la segregación.
- Retarda el proceso de fraguado.
- Acelera el proceso de fraguado.

B) En el concreto endurecido.

- Aumenta la resistencia a las heladas.
- Aumenta la velocidad de desarrollo de resistencia temprana.
- Aumenta la resistencia.
- Reduce la permeabilidad.

El uso de aditivo, tiene un riesgo muy elevado en la elaboración del concreto, por eso se debe ejercer un elevado control de calidad, es decir, poco o demasiado aditivo, puede afectar la resistencia y otras propiedades.

Los aditivos más empleados o importantes en los concretos, son:

- a) Acelerantes
- b) Retardantes

- c) Reductores de agua (normales)
- d) Reductores de agua (retardantes)
- f) Reductores de agua (acelerantes)
- f) Inclusores de aire
- g) Super fluidificantes.

La finalidad de cada aditivo es:

a) Acelerantes: Aceleración del tiempo de fraguado y/o de la velocidad de adquisición de resistencia.

b) Retardantes. Disminuir el tiempo de fraguado.

c), d), e) Fluidizantes (reductores de agua). Son sustancias químicas que, al ser adicionadas a una mezcla de concreto fresco, incrementan su fluidez sin aumentar el agua. Siendo la finalidad de este tipo de aditivo, ejercer una acción de trabajabilidad, larga o corta, según las condiciones del concreto fresco y su lugar de colocación.

f) Inclusores de aire. Es de gran utilidad, ya que da aumento de la durabilidad en condiciones de congelación y deshielo, da aumento de la manejabilidad y reduce el agua.

Independientemente del aditivo que se utilice, las recomendaciones generales para los aditivos son:

- 1.- Cerciorarse de que las especificaciones de la obra, permiten su uso.
- 2.- Verificar que se está usando el aditivo apropiado.
- 3.- Revisar que se conoce y emplea la dosis correcta para cada lote.
- 4.- El aditivo se agrega al concreto con un surtidor que mida exactamente la cantidad requerida.

5.- El aditivo se agrega al agua, antes de ser mezclada con los demás componentes, para garantizar que se está distribuyendo uniformemente.

6.- Tener cuidado con la humedad del agregado, por las alteraciones.

7.- Se deben efectuar pruebas preliminares, para verificar la modificación requerida de la propiedad del concreto.

Elementos Inertes.

Arenas y Gravas (agregados)

Los agregados, ocupan del 60 a 80% del volumen del concreto, siendo esta razón y sus características las que influyen en las propiedades del concreto, así como en las proporciones y en la economía del mismo.

Los agregados, proceden de rocas que según su origen se clasifican en 3 grupos principales, los cuales abarcan casi en su totalidad, las rocas existentes, y son:

a) Igneas, producidas por solidificación a partir de un estado de fusión, ofrecen diversas propiedades físicas; densidad, dureza y resistencia.

b) Rocas Sedimentarias, formadas por sedimentos transportados por agua, aire, hielo o gravedad. Predominan las areniscas y calizas, que cuando son duras y densas, son buenos agregados.

c) Rocas Metamórficas, proceden de rocas ígneas o sedimentarias modificadas por condiciones de presión y temperatura. Existen gran variedad de características.

En la tabla 2.2 se presenta la clasificación según su origen.

La siguiente clasificación es de acuerdo al número de malla que retiene los sedimentos, siendo su clasificación en agregado fino (arena, es la

| | | | | |
|---|---------------|---|--|--|
| | | Cristalina de grano grueso | de intrusión profunda y enfriamiento lento | granito diorita gabo |
| | | | de lava volcánica o intrusión poca profunda y enfriamiento rápido | riolita andesita basalto |
| | IGNEAS | Cristalinas (cristalinas vitreas) de grano fino | Idem, formado por enfriamiento brusco | obsidiana vidrio volcánica |
| | | Fragmentadas (piroclásticas) | de fragmentos de erupciones, volcánicas, depositadas como sedimentos | ceniza, pómez toba aglomerado |
| R | | | no consolidadas | arcilla, limo arena y grava |
| O | | Deposítadas mecánicamente | | lutita-lodolita limolita conglomerado arenisca breccia |
| C | | | consolidadas | |
| A | | | | |
| S | | | | |
| | SEDIMENTARIAS | | calcáreas | caliza, marga caliche coquina |
| | | Deposítadas química o biológica químicamente | silíceas | pedenal (opalo calcedonia) diatomita |
| | | | diversas | carbón, fosfato evaporitas |
| | | Foliadas | pizarra esquistos gneis | |
| | METAMORFICAS | Masivas | mármol cuarcita hornfels | |

fracción compuesta por partículas que pasan a través de la malla No. 1, que tiene abertura libre de 4.76 mm) y agregado grueso (grava, es la fracción retenida en la malla No. 4).

Los agregados, deben sujetarse a ciertos requisitos y consistir en partículas limpias, duras, compactas y durables, libres de sustancias químicas, capas de arcilla y otros materiales finos que pueden afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Características físicas de los Agregados.

1) Composición Granulométrica.

Característica que resulta de la distribución de los tamaños de las partículas que lo constituyen. Este rasgo tiene una influencia notable en el comportamiento de las mezclas de concreto fresco.

La granulometría se determina separando el material por medio de mallas con aberturas cuadradas de dimensiones establecidas.

De este análisis granulométrico, se obtiene:

Porción de Arena y Grava

Granulometría de la arena

Granulometría de la grava.

Tamaño máximo de partículas.

La granulometría de la arena se determina separándola en fracciones, usando la serie de mallas U.S. Standard., cuyas denominaciones y aberturas libres, en milímetros son:

| Malla No. | Abertura libre (mm) |
|-----------|--------------------------|
| 4 | 4.76 - con contaminación |
| 8 | 2.38 de agregados. |
| 16 | 1.19 |
| 30 | 0.595 |
| 50 | 0.297 |
| 100 | 0.100 |
| CH | 0.00 |

La clasificación de la arena se determina por el "módulo de finura de la arena" (m.f.a.) que es igual a la suma de los porcentajes acumulados en las mallas, 4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividida entre 100.

Por medio del m.f.a. podemos clasificar la arena en la siguiente forma.

| m.f.a. | Clasificación |
|-----------|---------------|
| < 2 | muy fina |
| 2.0 - 2.0 | fina |
| 2.3 - 2.6 | medio fina |
| 2.6 - 2.9 | media |
| 2.9 - 3.2 | medio gruesa |
| 3.2 - 3.5 | gruesa |
| 3.5 < | muy gruesa |

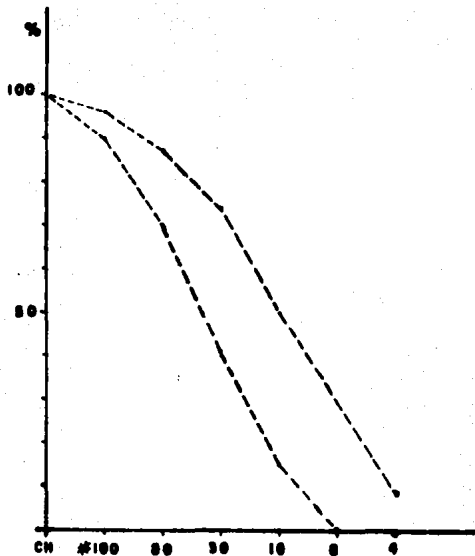
Siendo aceptadas como arenas para concreto, las que presentan m.f.a. de 2.3 a 3.2.

El módulo de finura obtenido debe ser comparado con los límites establecidos por la especificación ASTM C-33, el cual es: fig. 2.3.

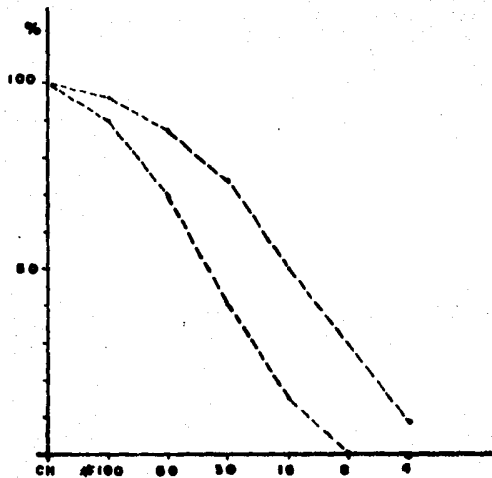
La granulometría de las gravas, se determina separandola en fracciones con el uso de U.S. standar. mallas.

| Malla | Abertura libre (mm) |
|--------|---------------------|
| 2" | 50.8 |
| 1 1/2" | 38.1 |
| 1" | 25.4 |
| 3/4" | 19.0 |
| 1/2" | 12.7 |
| 3/8" | 9.51 |
| No. 4 | 4.76 |

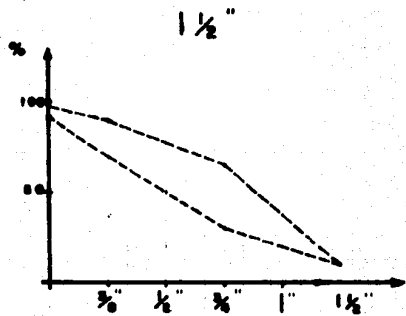
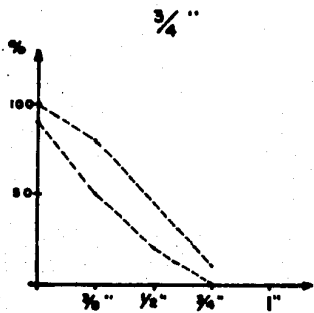
Se obtiene el m.f.ag. y se compara con los límites establecidos, siendo en este caso de 2 tipos, según el tamaño máximo de agregados (T.M.A.). fig. 2.4.



Limites recomendados en
granulometria para
arenas.



Límites recomendados en
granulometría para
arenas.



Se considera, como tamaño máximo el que corresponde a la abertura de la malla superior por donde pasarán todas las partículas.

II) Densidad.

Según el ASTM E-12, se define como, "masa de un volumen unitario del material, a una temperatura especificada, donde, si el material es un sólido, el volumen debe ser de la porción impermeable"

El agregado contiene vacíos permeables e impermeables, cuando se satura, el agua ocupa prácticamente todos los vacíos que son permeables, siendo esta cantidad de agua, de absorción, no participa en la reacción con el cemento y se considera parte del agregado.

Para la dosificación del concreto, y el cálculo de consumo de materiales, nos interesa conocer el volumen de cada uno de los elementos componentes, para tal efecto nos interesa conocer la densidad de los agregados, y lo podemos hacer por medio de la inmersión de los agregados en agua, por ello el volumen considerado incluye vacíos impermeables y permeables.

III) Absorción.

Esta característica, depende del tamaño del agregado, de su continuidad y de la cantidad total de vacíos permeables que contienen.

Existe dos tipos de saturación en el agua y son:

1.- Agua de absorción. Cantidad de agua que puede absorber por inmersión durante 24 horas, sin contar el agua superficial.

2.- Contenido de humedad. Cantidad total de agua que contiene un agregado, en un momento dado.

El agregado puede estar sobresaturado o subsaturado, por lo cual el material puede absorber o ceder agua, según la condición en la que se encuentre.

IV) Sanidad.

Este concepto define su aptitud para resistir y permanecer inalterable bajo condiciones de servicio que generan acciones destructivas promovidas por cambio de volumen en el concreto del cual forman parte, como son: congelación, deshielo, variación de temperatura.

V) Forma y textura de partículas.

Estas características son de mucha importancia, ya que es aquí donde podemos mejorar la resistencia del concreto. Por tal motivo los agregados son susceptibles de mejorarse, primero seleccionando un equipo adecuado de trituración, acorde a las características de la roca y segundo, triturando una determinada proporción de las partículas para obtener un agregado mixto.

Para conocer el tipo de agregado, nos basamos en el coeficiente de forma se obtiene la siguiente tabla.

| c.f. | Forma | C.F. | Tipo de grava |
|------|----------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | Esférico | >0.36 | Canto rodado |
| 2/3 | Cúbico | 0.31 - 0.35 0.26 - 0.30 | Natural Semitriturada |
| 1/2 | Tetraedro Regular | 0.21 - 0.25 0.15 - 0.20 | Triturada Triturada angulosa |

VI) Resistencia.

La mayoría de los agregados para concreto manifiestan resistencias a compresión de un orden superior al necesario en el concreto. Sin embargo se tiene una aproximación de la resistencia de los agregados, la cual es:

| TIPC DE ROCA | f_c max kg/cm ² | f_c min kg/cm ² | f_c prom. de v. muestras |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Granito | 2622 | 1167 | 1842 |
| Basalto | — | — | 2000 |
| Felsita | 5365 | 1223 | 3304 |
| Trapa | 3846 | 2053 | 2894 |
| Cáliza | 2454 | 949 | 1617 |
| Arenisca | 2447 | 450 | 1336 |
| Mármol | 2489 | 520 | 1188 |
| Cuarcita | 4310 | 1265 | 2566 |
| Gneis | 2397 | 956 | 1498 |
| Squisto | 3030 | 928 | 1730 |

Las propiedades de los agregados tienen gran efecto sobre las propiedades del concreto, por tal motivo las propiedades que le deben de dar al concreto son:

1.- Durabilidad.

Propiedad importantísima, ya que está ligada directamente con los agregados. Los agregados deben proporcionar al concreto las siguientes características.

- Resistencia a la congelación y deshielo
- Resistencia al humedecimiento
- Resistencia al calentamiento y enfriamiento
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia al fuego
- Resistencia a los ácidos.

2.- Resistencia.

La resistencia depende en forma importante de la resistencia de la pasta de cemento, y de la adherencia entre la pasta y el agregado. La resistencia de trabajo del concreto son: resistencia a la compresión y resistencia a la tensión.

3.- Contracción.

La magnitud de la contracción que ocurre durante el secado del concreto, depende de la contracción potencial, tanto de la pasta de cemento como del agregado; ya que la cantidad de pasta depende de la demanda de agua del agregado, las propiedades tales como; tamaño máximo, forma de partícula, graduación y limpieza, están relacionadas con la contracción.

4.- Peso Unitario.

El peso unitario del concreto, depende de la gravedad específica del agregado, cantidad de aire incluido, etc. De ahí que el peso unitario aumenta normalmente, si disminuye la cantidad de pasta.

5.- Módulo de elasticidad.

Para una pasta de cemento, dada la influencia del módulo de elasticidad del agregado, en el módulo de elasticidad del concreto es menor que la que puede obtenerse a partir de las proporciones volumétricas del agregado en el concreto.

6.- Economía.

Está influida por la cantidad de cemento necesaria para alcanzar la resistencia deseada u otras propiedades.

Estas características, se resumen en la tabla 2.5.

PROPIEDADES DEL CONCRETO INFLUIDAS POR LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

| PROP. DEL CONCRETO | PRINCIPALES PROP. DE LOS AGREGADOS |
|--|---|
| <p>Durabilidad</p> <p>R. Congel y deshielo</p> <p>R. Humedad y secado</p> <p>R. al calent. y enfriam.</p> <p>R. a la abrasión</p> | <p>Sanidad, Porosidad, Permeabilidad, grado de saturación, resistencia a la tensión, textura.</p> <p>Estructura de los poros M. de E.</p> <p>Coef. de expansión térmica</p> <p>Dureza</p> |
| <p>Resistencia</p> | <p>Textura superficial, limpieza, forma de partícula, tamaño máximo.</p> |
| <p>Contracción</p> | <p>M. de E., forma de partícula, graduación, limpieza, tamaño máximo, presencia de arcilla.</p> |
| <p>Peso Unitario</p> | <p>Gravedad específica, forma de partícula, graduación, tamaño máximo.</p> |
| <p>Módulo de Elasticidad</p> | <p>Módulo de elasticidad</p> <p>Relación de Poisson</p> |
| <p>Economía</p> | <p>Forma de partícula, graduación, tamaño máximo, disponibilidad.</p> |

Existen problemas en cuanto a la calidad de los agregados. los más comunes son:

Impurezas orgánicas.- Afectan el fraouado y el endurecimiento.

Materiales más finos que la malla No. 200.- Afectan la adherencia e incrementa el requisito de agua y por ende afecta a la resistencia.

Carbón lignita u otros materiales ligeros.- Afectan la durabilidad y pueden causar manchas y calavereo.

Partículas blandas.- Afectan la durabilidad.

Partículas terrosas.- Afectan la trabajabilidad y la durabilidad y pueden causar calavereo.

III.- METODOS DE CALCULO

Estos métodos nos dan una aproximación de la cantidad de material, que requerimos para fabricar el concreto que vamos a colocar en la obra, tomando en cuenta las condiciones del material y la resistencia que debemos obtener del material a los 28 días.

Los métodos son aplicables a distintas obras y diferentes condiciones de intemperismo, así mismo, el material se considerará homogéneo después de los resultados de laboratorio.

Es importante señalar que los materiales se deben considerar para la dosificación, provenientes del mismo banco de material y que la marca del cemento a aprobado todas las pruebas de control de calidad.

El agua se considera apta para la mezcla y que en caso contrario se hará estudio por separado, para que reúna las características descritas en el inciso II.

Para hacer la dosificación debemos conocer algunos aspectos importantes de la obra, estos puntos los podemos conocer en los planos y especificaciones de la obra, los datos que más nos van a interesar son:

- a) Dimensión mínima del elemento a construir.
- b) Espaciamiento del refuerzo
- c) Tamaño máximo de agregado.
- d) Asentamiento recomendado.
- e) Condiciones de exposición.
- f) Resistencia estructural.

Todos estos datos los podemos verificar en las especificaciones de la obra.

Otro punto que nos va a importar son las propiedades de los materiales existentes, cercanos a la obra.

Estos datos, son de gran importancia, ya que de ahí dependerá las cantidades de material que vamos a emplear.

Los datos que más nos van a interesar son:

- a) Análisis granulométrico de los agregados (incluye; cálculo de módulo de finura del agregado fino y del tamaño máximo del agregado grueso).
- b) Densidad y humedad de absorción de los agregados.
- c) Masa unitaria compactada del agregado grueso.
- d) Humedad de los agregados.

La selección de las propiedades del concreto es de vital importancia ya que comprende el equilibrio entre una economía justa y los elementos necesarios para la facilidad de colocación, resistencia, durabilidad y apariencia.

Todas y cada una de estas características están regidas por el empleo que se va a dar al concreto y por las condiciones que se espera encontrar en el momento de la colocación.

A las proporciones calculadas, por cualquier método, serán sometidas a una primera mezcla de prueba y se le medirá su consistencia y se comparará con la deseada.

Según las circunstancias, las revolturas de prueba pueden prepararse en el laboratorio o de preferencia en la obra a medida plena.

El procedimiento de dosificación de mezclas, estará basado en método secundario de "Ensayo y Error", el cual partirá de una Dosificación Base y se irá ajustando hasta encontrar la medida y las condiciones necesarias para la Obra.

1er. METODO.- =Dosificación de Mezclas de Concreto Hidráulico= (NT-ICPC).

Procedimiento.

Paso 1.- Selección del Revenimiento.

El asentamiento está basado en escoger un valor apropiado para la obra, este valor debe usarse para las mezclas con la mínima consistencia que permite una colocación eficiente.

Podemos tomar como base los datos de la tabla 3.1.a.

| REVENIMIENTOS RECOMENDADOS PARA CONCRETOS DE DIFERENTES GRADOS DE MANEJABILIDAD | | |
|---|-------------------|---|
| Consistencia | Asentamiento (cm) | Tipo de Estructura y condiciones de colocación |
| muy seca | 0-2.0 | Pilotes o vigas prefabricadas de alta resistencia. |
| seca | 2.0-3.5 | Pavimentos con máquina terminadora vibratoria. |
| semiseca | 3.5-5.0 | Pavimentos con vibradores normales, fundaciones de concreto simple. |
| media | 5.0-10.0 | Pavimentos compactados a mano, losas medianamente reforzadas, columnas, vigas |
| húmeda | 10.0-15.0 | Revestimiento de túneles, secciones con demasiado refuerzo. |

Paso 2.- Selección del tamaño máximo de agregado.

Para este punto, se parte de la condición de que; "Los agregados bien gradados con mayor tamaño máximo, tienen menos vacíos que los de menor tamaño máximo, por lo tanto, para el tamaño máximo de los agregados en una mezcla se aumenta, para un asentamiento dado, los contenidos de cemento y agua disminuyen".

Partiendo de esta condición se tomará como tamaño máximo de agregados al mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de la estructura.

Otra condición importante, es la restricción que se debe a las normas y son:

"En ningún caso el tamaño máximo deberá exceder de un quinto de la menor dimensión entre los lados de la fomatela, de un tercio de espesor de las losas, ni de las tres cuartas partes del espaciamiento libre entre varillas o cables pretensados".

La influencia que produce el tamaño máximo de agregado en la resistencia a la compresión del concreto se observa en la figura 3.I.b, la cual nos muestra que para contenidos mínimos de cemento, siendo otra deducción importante que la resistencia a la compresión es inversamente proporcional al tamaño máximo de agregado, que los rangos bajos, la medida del aoreñado no es de gran importancia y para rangos de resistencia altos, los concretos con el menor tamaño máximo de agregado, generalmente, desarrollan la resistencia más alta.

Como referencia para el tamaño máximo de agregado podemos basarnos en la tabla 3.I.c.

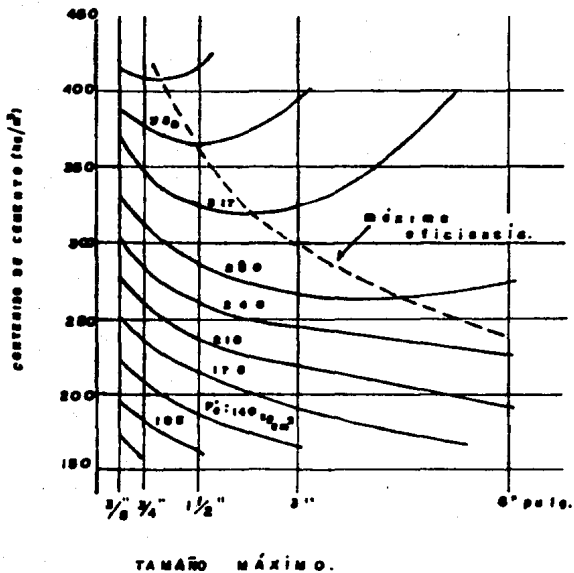
Tabla 3.I.b y gráfica 3.I.c.

| TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS SEGUN EL TIPO DE CONSTRUCCION | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Dimensión Mfínima de la sección (c. m.) | Tamaño máximo en pulgadas (m.m.) | | | |
| | Muros reforzados, vigas y columnas | Muros sin refuerzo | Losas muy reforzadas | Losas sin refuerzo o poco reforzadas |
| 6 - 15 | 1/2"-3/4" | 3/4" | 3/4"-1" | 3/4"-1 1/2" |
| 19 - 29 | 3/4"-1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2"-3" |
| 30 - 74 | 1 1/2"-3" | 3" | 1/2"-3" | 3" |
| 75 o más | 1 1/2"-3" | 6" | 1 1/2 "-3" | 3"-6" |

Paso 3.- Estimación de los contenidos de agua y aire.

Para producir el asentamiento requerido del concreto, necesitamos conocer la cantidad de agua necesaria, esta cantidad de agua está relacionada es

gráfica 3.I.c.



trechamente con el tamaño máximo de agregado, de su forma, gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido.

La tabla 3.1.d, nos indica valores muy aproximados de la cantidad de agua requerida, según tamaño máximo de agregado y asentamiento requerido.

| AGUA EN KG/M ³ DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS INDICADOS | | | | | | | |
|---|------|------|------|-----|---------|------|------|
| Concreto sin aire incluido | | | | | | | |
| Asentamiento (cm) | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2 " | 2" | 3" |
| 3 a 5 | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 |
| 8 a 10 | 225 | 215 | 200 | 195 | 175 | 170 | 180 |
| 15 a 18 | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 |
| % de contenido de aire | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.50 | 0.30 |
| Concreto con aire incluido | | | | | | | |
| 3 a 5 | 180 | 175 | 165 | 160 | 145 | 140 | 135 |
| 8 a 10 | 200 | 190 | 180 | 175 | 165 | 155 | 150 |
| 15 a 18 | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 |
| % de contenido de aire | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 |

Paso 4.- - Resistencia de Diseño -

El concreto debemos dosificarlo de tal manera, que debemos asegurar una resistencia a la compresión promedio lo suficientemente alta, para minimizar la frecuencia de resultados.

Las recomendaciones del código ACI-318-71 para la selección de la resistencia de diseño de la mezcla (f'_{cr}) en función de la resistencia estructural (f'_{cd}) y del coeficiente de variación (V) que indica el grado de control de calidad del concreto.

Para localizar estos rangos, los podemos obtener de la tabla 3.I.e y la gráfica 3.I.f.

Tabla 3.I.f.

| COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES CONTROLES | | | | |
|--|------------------|---------|---------|------|
| CLASE DE OPERACION | grado de control | | | |
| | excelente | bueno | regular | malo |
| Const. en gra. | 10 | 10 - 15 | 15 - 20 | 20 |
| Laboratorio | 5 | 5 - 7 | 7 - 10 | 10 |

Paso 5.- Selección de la relación agua/cemento.

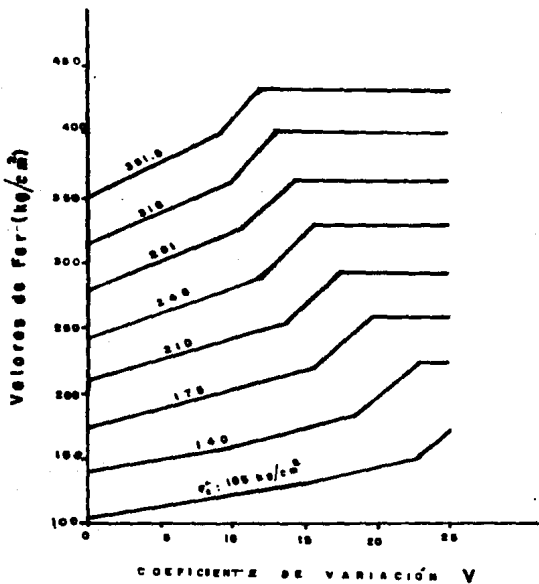
Esta relación es importante y no se determina solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores de durabilidad y propiedades de acabado.

La relación agua/cemento se basa en el concepto de "Los distintos agregados y cementos producen diferentes resistencias con la misma relación agua/cemento"

Para esta relación es conveniente tomar como referencia la gráfica 3.I.g.

Otros valores que son de gran importancia y se basan en datos específicos son los de las tablas 3.I.h y 3.I.i.

Resistencia promedio de
Diseño Fer.



gráfica 3. I. F.

Resistencia a la compresion en función
de la relación agua/cemento.

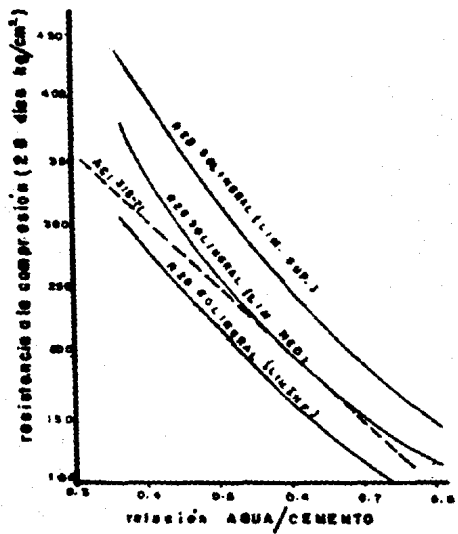


Gráfico 3. I. 9

RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL
CONCRETO Y LA RELACION AGUA/CEMENTO.

| Resist. a la compresión a los 28 días en kn/cm^2 | Relación Agua/Cemento máxima permisible | | | |
|---|---|--|------------------------------|--|
| | Concreto sin incluir de aire | | Concreto con incluir de aire | |
| | Relación abs. por peso | Lts. por saco de cemento de 50 kg. | Relac. abs. por peso | Lts. por saco de cemento de 50 kg. |
| 175 | 0.65 | 32.40 | 0.54 | 27.0 |
| 210 | 0.58 | 29.3 | 0.46 | 23.0 |
| 245 | 0.51 | 25.7 | 0.40 | 20.0 |
| 280 | 0.44 | 22.2 | 0.35 | 17.7 |
| 315 | 0.38 | 19.1 | 0.30 | 15.1 |
| 350 | 0.31 | 15.1 | — | — |

Tabla 3.1.h

VALORES MAXIMOS DE LAS RELACIONES AGUA/CEMENTO PARA DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURA Y GRADOS DE EXPOSICIÓN.

| | Condiciones de Exposición | | |
|--|---|---|--------------|
| | No. superior, clima severo No. inferior, clima suave | | |
| | En el aire | Concreto en el agua al alcance de niveles oscilantes de agua. | |
| | | Agua dulce | Agua salada |
| Secciones delgadas, concreto ornamental, pilotes reforzados, tuberías, secciones con recubrim. menores de 2.5 m. | 0.49 0.53 | 0.44 0.49 | 0.40 0.40 |
| Secc. moderadas, estribos, pilas, vigas | 0.53 — | 0.49 0.53 | 0.44 0.44 |
| Partes exteriores de estructura masiva. | 0.57 — | 0.49 0.53 | 0.44 0.44 |
| Concreto depositado a presión bajo el agua | — — | 0.44 0.44 | 0.44 0.44 |
| Losa sobre el piso | 0.53 — | — — | — — |
| Concreto interior de edificios concreto en el subsuelo. | — — | — — | — — |

Tabla 3.1.i

Paso 6.- Cálculo del contenido de cemento.

La cantidad por unidad de volumen de concreto (m^3) se obtiene de:

$$C = \frac{A}{A/C}$$

donde: C = cantidad de concreto por m^3

A = cantidad de agua por m^3

A/C = relación óptima de agua/cemento

Paso 7.- Estimación del contenido de agregado grueso.

Para la estimación se obtiene del concepto de "Los agregados de la misma granulometría y tamaño máximo, producirán un concreto de trabajabilidad satisfactoria cuando se emplea un volumen de agregado grueso seco y compactado, por un volumen unitario de concreto".

Estos valores para volumen de agregado grueso los obtenemos de la tabla 3.I.j., la cual será:

| VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO | | | | |
|---|--|------|------|------|
| Tamaño máximo de agreg. en pulg. | Volumen de Agreg. grueso, seco y compacto con vari- lla, por volumen unitario de concreto para diferen- tes módulos de finura de la arena. | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.0 |
| 3/8 | 0.50 | 0.49 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

La estimación se obtendrá de la fórmula:

$$b = (b/b_0) \times b_0$$

donde: b = volumen absoluto del agregado grueso por volumen unitario de concreto.

b/b_0 = volumen seco y compactado de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

b_0 = relación entre la masa unitaria seca y compactada y la densidad aparente seca del agregado grueso.

Paso 8.- Estimación del contenido del agregado fino.

Esta cantidad se determina por la diferencia entre el volumen total de la mezcla (1 m^3) y la suma de los volúmenes de cemento, agua y agregado grueso.

Este contenido de agregado fino se expresa en porcentajes con respecto al volumen total de agregados.

$$P = \frac{CK - (100 b)}{CK} \times 100$$

P = % de agregado fino

$CK = 1000 - 0.318 C - A$ volumen total de agregados.

Paso 9.- Proporciones Iniciales.

Tomaremos la relación por peso de cemento, agregado fino y agregado grueso, tomando como unidad el cemento.

Es conveniente señalar la relación agua/cemento que estamos manejando al principio de esta relación; quedando de la siguiente forma:

$$A/c : 1 : f : g.$$

donde: A/c = relación agua/cemento

1 = bulto de cemento de 50 kg. de peso.

f = proporción de agregado fino

g = proporción de agregado grueso.

Para conocer las proporciones iniciales se debe utilizar las fórmulas de proporcionamiento; las cuales son:

$$f = \frac{Kp}{100} Gf \quad ; \quad \text{proporción de agregado fino}$$

$$g = \frac{K(100-p)}{100} Gg \quad ; \quad \text{proporción de agregado grueso}$$

donde:

$$K = \frac{1000}{C} - 0.318 - a/c.$$

Gf = densidad aparente seca del agregado fino

Gg = densidad aparente seca del agregado grueso

Paso 10.- Ajuste por humedad de los agregados.

Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, ésto es la absorbida como la superficial.

El agua que va a agregarse a la primer mezcla de prueba debemos reducir en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado.

Paso 11.- Ajustes a las mezclas de prueba.

A la dosificación obtenida debemos hacerle las pruebas correspondientes, tanto de asentamiento como de resistencia ($f'c$) ya sea en el campo o en el laboratorio y hacer los ajustes necesarios, los cuales van a ser de 2 tipos.

a) Ajuste por Asentamiento.

Al preparar la primera muestra prueba, no se obtienen los valores esperados, y debemos agregar agua, se debe modificar los valores obtenidos, los ajustes necesarios deberán ser:

1.- Para contenido de cemento ajustado

$$C_{aj} = \frac{(A/c)^*}{a/c} \times \frac{1000}{\frac{1000}{c} + (A/c)^* - (A/c)}$$

$(A/c)^*$ = Relación agua/cemento utilizada para la obtención del abastecimiento requerido.

2.- Porcentaje de agregado fino ajustado.

$$P_{aj} = P + \Delta p$$

donde: $\Delta p = \left(1 - \frac{CK}{C_{aj} K_{aj}}\right) (100 - p)$

$$K_{aj} = \frac{1000}{C_{aj}} - 0.318 - A/c$$

3.- Proporciones ajustadas

$$f_{aj} = \frac{K_{aj}}{100} \cdot \frac{P_{aj}}{G_f}$$

$$g_{aj} = \frac{K_{aj}(100 - p_{aj})}{100} G_g$$

b) Ajuste por Resistencia.

Esta prueba es la siguiente y se hace en base a los resultados ajustados de los materiales, se somete a la prueba de compresión y de ahí se determina la resistencia obtenida, en caso de no ajustarse vuelve ajustar todos los materiales excepto el del agua.

1.- Contenido de cemento ajustado.

$$C_{reaaj} = \frac{(A/c)}{(A/c)_{aj}} C_{aj}$$

donde: $(A/c)_{aj}$ = relación agua/cemento obtenida, según fig. 3.1.k.

2.- Porcentaje de arena ajustado.

$$Preaj = Faj + Aaj.$$

$$\text{donde: } \Delta Paj = \left(1 - \frac{Caj \cdot Kaj}{Creaaj \cdot Kreaaj} \right) (100 - Paj)$$

$$Kreaaj = \frac{1000}{Creaaj} - 0.318 - (A/c)aj$$

3.- Proporciones reajustadas.

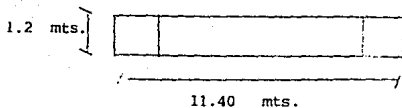
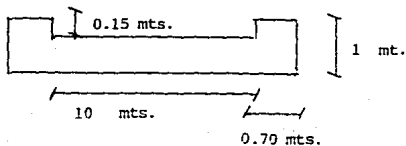
$$(A/c)aj : 1 : freaj : greaj$$

$$freaj = \frac{Kreaaj \cdot Preaj}{100} Gf$$

$$greaj = Kreaaj \frac{(100 - Preaj)}{100} Gc$$

Ejemplo.- Se desea un concreto para trabe de liga y dado de zapata, los cuales estarán debajo del nivel de terreno. En el lugar no habrá severo ataque de intemperismo o ataque de sulfatos.

Las dimensiones son:



El diseño nos marca una resistencia a la compresión de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.

Características de los agregados.

Agregado Fino.

| | | |
|------------------------|---|------------------------|
| Densidad Aparente seca | = | 2.7 kg/dm ³ |
| Módulo de finura | = | 2.40 |
| % de absorción | = | 5.0% |
| Humedad natural | = | 10% |

Agregado Grueso

| | | |
|-------------------------------|---|-------------------------|
| Densidad aparente seca | = | 2.60 kg/dm ³ |
| Tamaño máximo agre. | = | 1" |
| % de absorción | = | 2% |
| Humedad natural | = | 6% |
| Masa unitaria seca compactada | = | 1.70 kg/dm ³ |

Solución.

Paso 1.- El asentamiento para este tipo de concreto es de $3.5 \pm 5 \text{ cm}$, tomado de la tabla 3.1.a.

Se toma el menor por ser el más crítico. (3.5 cm).

Paso 2.- Según tabla 3.1.b y viendo las dimensiones de la estructura, el tamaño de agregado, es el indicado, el rango en el cual se encuentra, es de $1\frac{1}{2}"$ a $3"$ por lo tanto no tenemos ningún problema en ocupar este tipo de material.

Paso 3.- De la tabla 3.1.d se observa, que para un asentamiento de 3.5 cm y $1"$ como tamaño máximo de agregado, se requiere una cantidad de agua por m³ de

$$a = 180 \text{ ka.}$$

Paso 4.- La resistencia promedio de diseño f_{cr} , se obtiene a partir de la resistencia solicitada de 250 kg/cm^2 y del coeficiente de variación de $V = 12.1\%$ (dato de laboratorio según pruebas al material).

Se obtiene, que corresponde una resistencia promedio de:

$$f_{cr} = \underline{300 \text{ kg/cm}^2}$$

de figura 3.I.f.

Paso 5.- La relación agua/cemento se obtiene de la figura 3.I.g. y se observa que vale.

$$a/c = 0.51$$

Este valor es aproximadamente el mismo al de la tabla 3.I.H. por lo tanto lo tomamos.

Paso 6.- El contenido de cemento es:

$$c = \frac{a}{a/c} = \frac{180}{0.51} \text{ Kg} = 352 \text{ kg.}$$

$$c = 352 \text{ kg}$$

Paso 7.- El contenido de agregado grueso es de la tabla 3.I.j. y para un módulo de finura de 2.4 y tamaño de $1''$, se obtiene: b/b_o .

$$b/b_o = 0.71$$

El volumen por m^3 será de:

$$b = (b/b_o) \times b_o = (0.71) \left(\frac{1.70}{2.60} \right) = 0.464$$

$$b = 0.464 \text{ m}^3$$

Paso 8.- El contenido del agregado fino vale.

$$CK = 1000 - 0.318 C - a = 1000 - (0.318(352)) - 180 = 708 \text{ cm}^3$$

el % de arena por ocupar es:

$$P = \frac{CK - (1000 b)}{CK} \times 100$$

$$P = \frac{708 - (1000 (0.464))}{708} (100)$$

$$P = 34.47 \%$$

Paso 9.- Las proporciones iniciales son:

$$K = \frac{1000}{C} - 0.318 - a/c = \frac{1000}{352} - 0.318 - 0.51$$

$$K = 2.01$$

δ

$$K = \frac{CK}{C} = \frac{708}{352} = 2.01$$

Agregado fino.

$$f = \frac{K P}{100} Cf = \frac{2.01 (34.47)}{100} (2.7)$$

$$f = 1.86$$

Agregado grueso.

$$gr = \frac{K (100 - P)}{100} Gg = \frac{2.01 (100 - 34.47)}{100} (2.6) = 3.42$$

La relación de la primera muestra queda, siguiendo el orden:

a/c ; 1 : f : g.

0.51 ; 1 : 1.86 : 3.42

Esta relación se compone de las siguientes cantidades:

1 bulto de 50 kg.

finos = 50 (1.86) = 93 kg.

grava = 50 (3.42) = 171 kg.

por lo tanto

0.51 : 1 : 93 : 171

Paso 10.- Tomamos 10 kg. de cemento como base para la primera muestra.

finos = 10 (1.86) = 18.6 kg.

grueso = 10 (3.42) = 34.2 kg.

La humedad natural respectiva es de:

ag. fino = 10%

ag. grueso = 6%

corrección.

ag. fino = 18.6 (1.10) = 20.46 kg.

ag. grueso = 34.6 (1.06) = 36.67 kg.

Se descontará del ajuste el agua absorbida.

Humedad natural - abcrc. ; agua de diseño

finas = 10 - 5 = 5%

gruesas = 6 - 2 = 4%

Cantidad de agua que se debe añadir:

$$0.51 (5) = 2.55$$

Descontamos a los agregados el agua natural, quedando:

$$\begin{array}{rcl} \text{fina} & = & 18.60 (0.05) = 0.93 \\ \text{gruesa} & = & 34.20 (0.04) = 1.36 \\ & & \hline & & 2.29 \end{array}$$

Los resultados son los siguientes

| Material | Proporción | Peso seco | Peso Húmedo | Agua libre |
|-----------|------------|-----------|-------------|------------|
| Cemento | 1 | 10 | 10 | |
| A. fino | 1.86 | 18.6 | 20.46 | 0.93 |
| A. grueso | 3.42 | 34.2 | 36.67 | 1.36 |
| Agua | 0.51 | 2.55 | 2.29 | |

De estos resultados, se hacen las pruebas y se ve el acercamiento a la dosificación de diseño.

2o. METODO =Diseño de Mezclas de Concreto= D.E. y E. de Mat.

Procedimiento.

Paso 1.- De la resistencia que se pide en los planos y la calidad con que se va a elaborar el concreto, se desprenderá la modificación de la resistencia. A esta modificación se le llama resistencia de diseño y se determina con la fórmula:

$$R_{dis} = K_1 \cdot K_2 \cdot R_{aspir}$$

donde los valores de K_1 y K_2 valen según la tabla 3.II.a y 3.II.b, respectivamente.

COEFICIENTE K_1

| TIPO DE CONTROL | K_1 |
|--|-------|
| Estricto.- dosificación por peso con control metódico de humedad y granulometría. | 1.5 |
| Deficiente | 1.30 |

3.II.a.

COEFICIENTE K_2

| TIPO DE AGREGADO | K_2 |
|---------------------------------|-------|
| Piedra picada arena natural | 1.00 |
| Cantos rodados arena natural | 1.10 |

3.II.b

Paso 2.- Relación a/c en peso.

Esta relación se obtendrá con ayuda de la gráfica 3.II.c.

Paso 3.- Proporciones de mezcla de los agregados.

Conocido el tamaño máximo de agregado, podemos utilizar la tabla 3.II.d., la cual es:

| LIMITES DE LOS PORCENTAJES MAS FINOS PARA LOS SIGUIENTES TAMAFOS MAXIMOS DE AGREGADO | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cedazo | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" |
| 2" | 100-90 | — | — | — | — |
| 1 1/2" | 87-73 | 100-90 | — | — | — |
| 1" | 77-59 | 84-70 | 100-90 | — | — |
| 3/4" | 73-53 | 77-61 | 90-70 | 100-90 | — |
| 1/2" | 78-44 | 70-49 | 75-55 | 85-65 | 100-90 |
| 3/8" | 65-60 | 65-43 | 68-55 | 87-55 | 85-70 |
| 1/4" | 60-35 | 60-35 | 60-35 | 65-45 | 77-58 |
| # 4 | 55-30 | 55-30 | 55-30 | 60-38 | 70-50 |
| # 8 | 45-20 | 45-20 | 45-20 | 45-25 | 52-32 |
| # 16 | 35-15 | 35-15 | 35-15 | 35-15 | 40-22 |
| # 30 | 25-10 | 25-10 | 25-10 | 25-10 | 28-12 |
| # 50 | 16-7 | 16-5 | 16-5 | 16-5 | 17-5 |
| # 100 | 8-2 | 8-2 | 8-2 | 8-2 | 10-2 |

o de la forma:

$$a = \frac{\text{Arena}}{\text{Agregado Total}} = \frac{A}{A + \sum P_1}$$

A = Peso de arena en kg/m³

$\sum P_1$ = Peso de agregado grueso Kg/m³

Paso 4.- Contenido de agua.

Conocidas las relaciones agua/cemento y arena/agregado total, obtenemos el valor del contenido de agua, ya que las gráficas 3.II.e y 3.II.h, nos dan una aproximación muy cercana a la trabajabilidad y el asentamiento de la mezcla para la colocación del concreto en la obra.

(Este método coincide con el del ASTM C143-58, y está basado en una granulometría de tamaño máximo de agregado de 3/4").

Cuando los agregados son distintos de esta medida, se hacen correcciones, las cuales son:

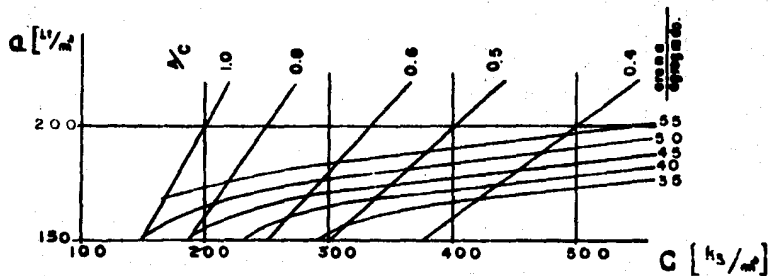
$$a = K_3 \cdot K_4 \cdot a_{\text{leida}} \quad (\text{lt/m}^3)$$

Los coeficientes K_3 y K_4 se obtienen en la tabla 3.II.i y 3.II.j.

Coeficiente K_3

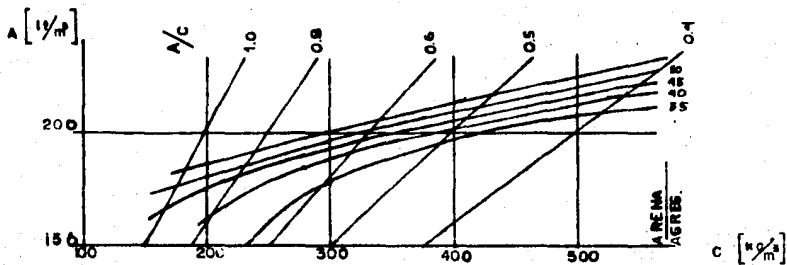
| Valores de K_3 para un tamaño máximo de: | | | | | |
|--|------|--------|------|------|------|
| | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" |
| K_3 | 0.83 | 0.88 | 0.95 | 1.00 | 1.07 |

ASENTAMIENTO 1"



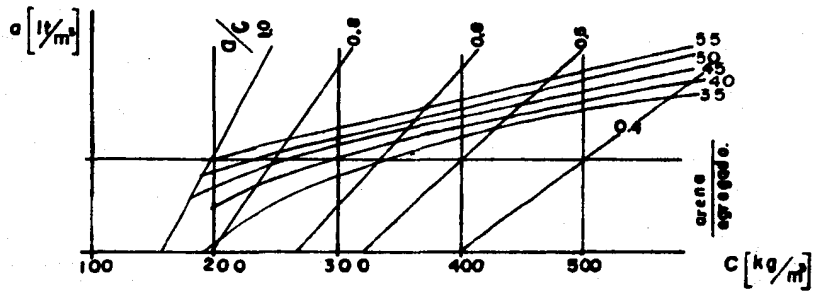
gráfica 3. II. e.

ASENTAMIENTO 3"



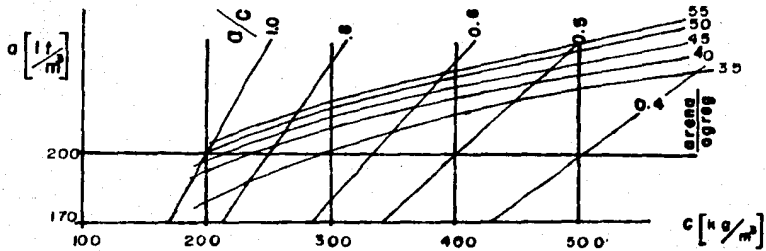
gráfica 3. II. f.

asentamiento 5''



gráfica 3. II. g.

asentamiento. 7"



gráfica 3. II. h.

Coeficiente K_4

| TIPO DE AGREGADO | K_4 |
|---------------------------------|-------|
| Piedra picada arena natural | 1.00 |
| Cantos rodados arena natural | 0.95 |

Para este método consideramos los agregados saturados con superficie seca.

Paso 5.- Contenido de cemento.

Esta relación se obtiene con la fórmula de:

$$C = \frac{a}{a/c}$$

C = cantidad de cemento en kg/m^3

a = cantidad de agua

a/c = relación de agua/cemento

NOTA: La mínima cantidad de cemento en elementos de concreto armado será de $270 \text{ kg}/\text{m}^3$ y la máxima será de $400 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Paso 6.- Pesos de los agregados.

Para obtener el peso de agregado por m^3 de mezcla, aplicamos la condición de:

$$\gamma_{\text{agua}} = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3$$

$$\gamma_{\text{cem}} = 3.15 \text{ kg}/\text{dm}^3$$

$$\gamma_{\text{agreg.}} = 2.65 \text{ kg}/\text{dm}^3$$

La hipótesis de peso de los agregados está basada en "La suma de los volúmenes relativos de los componentes es igual al volumen de concreto obtenido, tomando en cuenta que el volumen de la pasta de cemento es algo menor que la suma de los volúmenes del cemento y del agua, se considera que para obtener 1 m³ de concreto es necesario mezclar 1.025 dm³ de componentes".

Esta hipótesis la expresamos de la forma:

$$\frac{a}{\gamma_a} + \frac{c}{\gamma_c} + \frac{A + \Sigma P}{\gamma_{agrega}} = 1.025$$

de $\alpha = \frac{A}{A + \Sigma P_1}$

$$A + \Sigma P = \frac{A}{\alpha}$$

Despejando A . y sustituyendo valores

$$A = 2.65 \alpha (1.025 - a - 0.317C)$$

obtenemos el valor de los agregados finos en kg/m³

De los agregados gruesos se obtiene:

$$\Sigma P_1 = A \frac{1 - \alpha}{\alpha}$$

NOTA: El campo de aplicación está limitado por agregados naturales de granulometría conocida, con tamaños máximos comprendidos entre 2" y 1/2", cantos rodados, cemento ASTM tipo I. y asentamiento de 2.54 a 17.78 cm (medido en el cono de Abrahams).

Ejemplo.- Mismos datos del ejemplo anterior.

Solución.

Paso 1.- Resistencia de diseño es:

$$R_{dis} = K_1 \cdot K_2 \cdot R_{asp}$$

De la tabla 3.II.a y 3.II.b $K_1 = 1.15$ y $K_2 = 1.10$ respectivamente

$$R_{dis} = 1.15 (1.10) (250) = R_{dis} = 316 \cdot \text{kg/cm}^2$$

Paso 2.- De gráfica 3.II.c obtenemos:

$$a/c = 0.47$$

Paso 3.- La relación $\alpha = \text{arena/arena} + \text{piedra}$ para 1" de agregado grueso es de 0.45 por ser resistencia contra el suelo débilmente agresivo.

$$\alpha = 0.45$$

Paso 4.- Tomando como datos $a/c = 0.47$ y $\alpha = 0.45$, entramos a las gráficas y luego interpolamos linealmente el asentamiento que vamos a tomar es de 3.5 cm, según datos de problema.

De gráficas 3.II.e y 3.II.f, obtenemos:

| | | | |
|------|------|-----|-------------------|
| 2.54 | ———— | 194 | 1t/m ³ |
| 3.50 | ———— | x | 1t/m ³ |
| 7.62 | ———— | 223 | 1t/m ³ |

interpolamos linealmente:

$$x = \left(\frac{223 - 194}{7.62 - 2.54} \right) (3.5 - 2.54) + 194$$

$$x = 199 \text{ 1t/m}^3$$

Como es para grava de 3/4" y nosotros utilizamos grava de 1", tenemos que ajustar de la tabla 3.II.i y 3.II.j $K_3 = 0.95$ y $K_4 = 0.95$ respectivamente.

$$a = (0.95) 0.95 (199)$$

$$a = 180 \text{ lts/m}^3$$

Paso 5.-

$$c = \frac{a}{a/c}$$

$$c = \frac{180}{0.47} = 383 \text{ kg/m}^3$$

Paso 6.-

$$\text{Arena} = 2.65 \alpha (1.025 - a - 0.317C)$$

$$= 2.65 (0.45) (1.025 - 0.180 - 0.317) \left\{ \begin{array}{l} \text{lt/dm}^3 \\ \text{kg/dm}^3 \\ \text{kg/dm}^3 \end{array} \right\} (0.383)$$

$$= 1.1925 (0.723)$$

$$= 0.8628 \text{ kg/dm}^3$$

$$A = 862.87 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{grava} = P = A \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right)$$

$$= 862.87 \left(\frac{1 - 0.45}{0.45} \right)$$

$$P = 1054.63 \text{ kg/m}^3$$

comprobando:

$$\frac{a}{\gamma_a} + \frac{c}{\gamma_c} + \frac{A + P}{\gamma_{agr}} = 1.025$$

$$\frac{0.180}{1} + \frac{0.383}{3.15} + \frac{0.862 + 1.054}{2.65} = 1.025$$

$$0.180 + 0.121 + 0.723 = 1.025$$

$$1.0246 \div 1.025 / \text{qqd}$$

Dosificación base:

$$0.47 : 383 : 863 : 1054 \text{ kg/m}^3$$

vamos a fabricar para la primera muestra 0.027 m^3 quedando:

$$0.47 : 10 : 23 : 29 \text{ kg/m}^3$$

NOTA: Este método tiene un factor de seguridad de 1.15 sobre la resistencia aspirada.

3er. METODO.- =Prácticas Recomendables para Dosificar Concretos de Peso Normal=

ACI.211-1-70.

Procedimiento.

Paso 1.- Selección de Revenimiento.

Cuando no existe revenimiento especificado en los planos de la obra, se pueden tomar los siguientes valores de la tabla 3.III.a, considerando que la consolidación del concreto se hará con vibración.

| TIPO DE CONSTRUCCION | Revenimiento | |
|---|--------------|--------|
| | máximo | mínimo |
| Zapatas y muros de cimentación | 8 | 2 |
| Zapatas, capones y muros de sub_estructuras no reforzados | 8 | 2 |
| Vigas y muros reforzados | 10 | 2 |
| Columnas de edificios | 10 | 2 |
| Losas y pavimentos | 8 | 2 |
| Concreto en masa | 5 | 2 |

Tabla 3.III.a

Paso 2.- Selección del tamaño de agregado.

Los concretos con agregado de mayor tamaño, requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto. El tamaño máximo de agregado, debe ser el mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de la estructura. Por tal motivo, existen algunas restricciones muy claras que restringen el tamaño del agregado y son:

- a) El tamaño máximo de agregado no deberá exceder de un quinto de la menor dimensión entre los lados de la cimbra.
- b) No deberá exceder un tercio del peralte de las losas.
- c) No deberá exceder de las tres cuartas partes del espaciamiento mínimo libre entre varillas individuales de refuerzo, haces de varilla o cables prensados.

Para obtener concretos de alta resistencia, es recomendable reducir al máximo el tamaño del agregado.

Paso 3.- Agua de la mezcla.

La cantidad de agua por m^3 de concreto que se requiere para el revestimiento de diseño, está en función del tamaño de agregado, forma de las partículas, cantidad de aire incluido.

La tabla 3.III.b es un acercamiento muy aproximado a la realidad en la cual nos muestra la cantidad de agua requerida por mezcla, en función del tamaño máximo de agregado.

La cantidad de aire contenido en el concreto nos da una trabajabilidad y cohesión necesaria para colocar en forma adecuada el concreto en su lugar, así mismo, tomando las especificaciones como base (ACI 201, 301, 302).

Para la inclusión de aire en una mezcla se deben tomar diferentes criterios y algunas bases a tomar en cuenta son:

- a) Se debe incluir aire en el concreto, cuando la estructura va a estar expuesta a congelamiento y deshielo.

b) Para estructuras expuestas al agua de mar y sulfatos.

c) De estas variantes extremas, se puede ir disminuyendo la cantidad de aire incluido, hasta llegar al aire incluido por compactación en el concreto.

El aire incluido en una mezcla, es benéfico, pero también es perjudicial si no se toma en consideración las limitantes existentes.

El mal manejo del agua y aire incluido, puede provocar alteraciones importantes en la resistencia del concreto ($f'c$), y otro tipo de problemas, como: agrietamiento, porosidad, etc.

| AGUA EN KG/M ³ DE CONCRETOS PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS INDICADOS. | | | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|
| REVENIMIENTO | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" |
| | CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO | | | | | | |
| 3 - 5 | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 |
| 8 - 10 | 225 | 215 | 200 | 195 | 175 | 170 | 160 |
| 15 - 18 | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 |
| % de aire | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 |
| CONCRETO CON AIRE INCLUIDO | | | | | | | |
| 3 - 5 | 180 | 175 | 165 | 160 | 145 | 140 | 135 |
| 8 - 10 | 200 | 190 | 180 | 175 | 165 | 155 | 150 |
| 15 - 18 | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 |
| % de aire | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 |

TABLA 3.III.b

Paso 4.- Relación agua/cemento.

Esta relación se determinará por la resistencia de diseño, por la durabilidad y propiedades de acabado.

Esta relación está basada en el concepto de "Distintos agregos y cementos que producen resistencias diferentes para una misma relación a/c ".

Para tal efecto es importante conocer la resistencia que desarrollarán los materiales disponibles, para la relación a/c que vamos a usar.

Es difícil conocer en campo esta relación, por lo cual nos podemos basar y tomar como referencia la tabla 3.III.c, la cual nos da valores, de resistencia a/c a 28 días confiables.

| Resistencia a la compresión a 28 días, kg/cm ² | Relación agua/cemento, en peso | |
|---|--------------------------------|----------------------------|
| | Concreto sin aire incluido | Concreto con aire incluido |
| 450 | 0.38 | — |
| 400 | 0.43 | — |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

*Tabla para materiales con cemento Tipo I y materiales típicos.

Esta tabla nos da valores para condiciones normales de trabajo del concreto, pero en casos extremos, esta relación cambia. La tabla 3.III.d. nos da rangos aceptados y provados de relación a/c posibles a utilizar en estos cambios.

| TIPO ESTRUCTURA | RELACIONES A/C MAXIMAS PERMISIBLES, PARA CONCRETO BAJO CONDICIONES DE EXPOSICION SEVERA. | |
|---|--|--|
| | ESTRUCTURA CONTINUA O FRECUENTEMENTE HUMEDA Y EXPOSITA A CONGELACION y D. | ESTRUCTURA EXPUESTA AL AGUA DE MAR O SUFATOS |
| Secciones delgadas (-3 cm de recubrimiento) | 0.45 | 0.40 |
| Todas las otras | 0.50 | 0.45 |

Paso 5.- Cálculo del contenido de cemento.

La cantidad de cemento a usar por m^3 , se obtiene de la relación:

$$c = \frac{a}{a/C} \quad (\text{kg}/m^3)$$

Esta relación puede tener limitantes tales como:

- a) límite mínimo de cemento
- b) el criterio de dosificación deberá basarse, en el que conduzca al de mayor cantidad de cemento.

Paso 6.- Estimación de Agregado grueso.

Partiendo de la teoría de "Los agregados que tengan esencialmente la misma granulometría y tamaño máximo. Deben producir un concreto de trabajabilidad satisfactoria cuando se emplea un volumen determinado de agregado grueso y seco, compactado con una varilla standar, por volumen unitario de concreto". (ASTM-C29).

Este concepto abarca muy apropiadamente a la mayoría de los agregados, y toma en cuenta la granulometría del material y sus propiedades.

La tabla 3.III.e, propone distintos valores de volumen por m^3 de concreto, tomando en cuenta el módulo de finura del agregado fino.

| | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO | | | |
|-----------------------------------|---|--------|-------|-------|
| | MODULO | FINURA | DE LA | ARENA |
| Tamaño máximo de agregado. (pulg) | 2.40 | 2.60 | 2.8 | 3.0 |
| 3/8 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3 | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Paso 7.- Contenido de agregado fino.

La cantidad de agregado fino lo podemos estimar de dos formas y son:

- a) por peso
- b) por volúmen absoluto.

Por peso.

El peso de agregado fino es la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes.

El peso del concreto lo podemos obtener de dos formas; por fórmula o por medio de la tabla 3.III.f.

- i) por fórmula:

$$U = 10 G_a (100-A) + C(1-G_a/G_c) - W(G_a-1)$$

donde:

- U = Peso volumétrico del concreto fresco . kg/m³
- G_a = Promedio pesado de los pesos específicos de los agregados fino y grueso combinados. . 2.65kg/dm³
- G_c = Peso específico del cemento. . 3.15 kg/dm³
- A = Contenido de aire por ciento . %
- W = Agua de la mezcla requerida . kg/m³
- C = Cemento requerido . Kg/m³

Este método es más exacto y nos da menor número de ajustes en las pruebas de mezcla.

- ii) Por tabla:

En la tabla 3.III.f. se dan valores de concreto fresco, con las condiciones de C = 330 kg/m³ y revenimiento de 8 - 10 cm. Sin embargo los re-

sultados obtenidos para cualquier concreto nos darán valores por encima del requerido y estaremos en el lado de aceptación de nuestro concreto.

Esta tabla esta basada en pruebas de laboratorio, para condiciones óptimas de los materiales, se pueden hacer correcciones en campo para materiales donde se desconocen las propiedades del material de 5 al 10 % del valor observado.

| Tamaño máximo del agregado | PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO KG/M ³ | |
|----------------------------|---|----------------------------|
| | Concreto sin aire incluido | Concreto con aire incluido |
| 3/8 | 2285 | 2190 |
| 1/2 | 2315 | 2235 |
| 3/4 | 2355 | 2280 |
| 1 | 2375 | 2315 |
| 1 1/2 | 2420 | 2355 |
| 2 | 2445 | 2375 |
| 3 | 2465 | 2400 |
| 6 | 2505 | 2450 |

Tabla 3.III.f

Por volúmen absoluto.

El volúmen total de los ingredientes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso), se resta del volúmen unitario de concreto para obtener el volúmen requerido de agregado fino.

Paso 8.- Ajuste por humedad de los agregados.

Los agregados están húmedos y al peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen tanto absorbida como superficial.

Esto es humedad total menos absorción.

Paso 9.- Ajuste de revoltura prueba.

Todas las proporciones calculadas deben verificarse por medio de pruebas, antes de elaborar la cantidad requerida por la obra.

Estas pruebas deben basarse en la norma ASTM-C192.

Deben verificarse:

- a) Peso unitario y rendimiento del concreto (ASTM-C138)
- b) Contenido de aire (ASTM-C130, C173, C231).
- c) Manejabilidad apropiada, libre de segregación y propiedades de acabado.

El ajuste se hace en base a los datos obtenidos y el procedimiento es el siguiente.

- a) Se estima de nuevo el agua requerida por m^3 esto es:

$$\frac{\text{Contenido neto de agua}}{\text{Rendimiento de la revolta}} = a \text{ en lts}/m^3$$

- b) Si la estimación es por m^3 de concreto fresco, se hace aumentando proporcionalmente la diferencia de la proporción calculada.

Ejemplo.- Los mismos datos del ejemplo del primer método.

Paso 1.-

El revenimiento es de 3.5 cm (por ser el más crítico).

Paso 2.-

Agregado máximo 1" (de dato).

Paso 3.-

Agua por m^3 necesaria, sin aire incluido, con un asentamiento de 3.5 cm y 1" de agregado grueso de tabla 3.III.b.

$$a = 180 \text{ kg/m}^3$$

Paso 4.-

La relación agua/cemento de la tabla 3.III.c, se toma el superior al diseño de obra.

$$a/c = 0.55$$

Paso 5.-

El contenido de cemento es:

$$c = \frac{a}{a/c} = \frac{180}{0.48} = 375 \text{ kg/m}^3$$

Paso 6.-

La cantidad de agregado grueso lo obtenemos de la tabla 3.III.e. y de datos de M.F. y T.M.A. obtenemos que vale:

$$A_g = 0.71 \text{ por m}^3$$

Paso 7.-

La cantidad de agregado fino vale:

a) por peso.

Obtenemos el valor de la tabla 3.III.f. para estimación del concreto fresco y vemos que nos da de: 2375 kg/m^3 por diferencia de pesos.

$$\text{agua} = 180 \text{ kg}$$

$$\text{cemento} = 375 \text{ kg.}$$

$$\text{agreg. g.} = 0.71(1600) = 1136 \text{ kg.}$$

$$A_f = 2375 - 180 - 375 - 1136 = 684 \text{ kg.}$$

$$A_f = 684 \text{ kg.}$$

b) Por volúmen absoluto.

$$\begin{array}{rcl} \text{agua} & = & 180/1000 & = & 0.180 \text{ m}^3 \\ \text{cemento} & = & 375/3.15(1000) & = & 0.119 \text{ m}^3 \\ \text{ag. grueso} & = & 1136/2.68(1000) & = & 0.424 \text{ m}^3 \\ \text{volúmen de aire} & = & 0.01(1) & = & 0.010 \text{ m}^3 \\ & & & & \hline & & & & 0.733 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$\text{Ag} = 1 - 0.733 = 0.267 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de arena} &= V.A. (\gamma_a) 1000 \\ &= 0.267(2.64) 1000 \\ &= 704 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Comparando.

| | Por peso | Por vol. lbs. |
|-----------|----------|---------------|
| agua | 180 | 180 |
| cemento | 375 | 375 |
| a. grueso | 1136 | 1136 |
| a. fino | 684 | 704 |

Paso 8.-

Tomamos el mayor valor del ag. fino

$$\begin{aligned} \text{ag. grueso (húmedo)} &= 1136(1.1) = 1250 \text{ kg.} \\ \text{ag. fino (húmedo)} &= 704(1.06) = 746 \text{ kg.} \end{aligned}$$

agua por agregar.

$$\begin{aligned} 10\% &- 5\% & \text{g.} \\ 6\% &- 2\% & \text{f.} \end{aligned}$$

Agua por añadir:

$$195 = 1136(0.05) - 704(0.04) = 110 \text{ kg.}$$

Por lo tanto la proporción inicial queda:

| | | |
|---------|---|----------|
| agua | = | 110 kg. |
| cemento | = | 375 kg. |
| a.f. | = | 704 kg. |
| a.g. | = | 1136 kg. |

Con estos datos se saca la proporción necesaria para elaborar las pruebas necesarias y hacer correcciones.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

DOSIFICACION DE MEZCLAS

El hombre en sus inicios, se preocupó por buscar lugares que le sirvieran de protección, al paso del tiempo empezó a fabricar estos materiales, logrando dominarlos para construir donde vivir, con el tiempo experimentó lo suficiente hasta hacer obras de gran tamaño.

Desde entonces la evolución del hombre a través del tiempo ha sido acelerado, sufriendo grandes cambios, hasta lograr establecerse en un sitio seguro y definitivo.

La escasez de espacio y el aumento de la población, ocasionó que se incrementara la necesidad de encontrar materiales para construir, este motivo lo obligó a pensar en cuáles serían estos materiales y de donde obtenerlos, aplicó toda su experiencia y conocimientos adquiridos hasta el momento en localizar materiales que fueran resistentes.

Buscó en la naturaleza y encontró diferentes tipos de materiales que fueran adecuados para la construcción.

De todos estos combinó solamente cuatro que son:

- el agua
 - la arena
 - la grava
- y uno de los más importantes, el cemento.

La elección de estos elementos fue decisiva, a los cuales juntó y les llamó concreto hidráulico.

Al principio estos materiales se encontraban en estado natural, por tal motivo su uso fue en forma arbitraria, provocando con esto obras sobradas de material y de gran dimensión.

El costo de las obras se incremento en forma desordenada, ocasionando que se limitaran los materiales para un mejor aprovechamiento.

Se estudió cada uno de los materiales para encontrar sus parámetros básicos, así mismo, se buscó la forma de hacerlos más fácil de transportar y aglomerar, surgiendo con esto las máquinas trituradoras de agregados pétreos, los cuales revolucionaron más el uso racional de los materiales.

El uso del concreto hidráulico en obras de mayor importancia, ocasionó que se establecieran procedimientos para dosificar cada uno de los componentes en forma ordenada.

Esta búsqueda de racionalizar mejor los materiales ha avanzado tanto que existen gran variedad de métodos que van de sencillos a muy complicados.

Por tal motivo se crearon organismos capaces de establecer normas y procedimientos, para asegurar que el concreto cumple con la cantidad de material requerido.

Un método empleado para dosificar el concreto, es el propuesto por el A.C.I., este procedimiento sigue una serie de pasos para establecer las cantidades de los materiales a usar.

Sin embargo antes de utilizar el método, se deben conocer las especificaciones que rigen las características del concreto.

Siendo el procedimiento.

10. Selección del reventimiento.

Esta característica nos indica la plasticidad que tiene la mezcla, el cual será medido en el cono de abrams, este valor da la mínima consistencia del concreto, y permite una colocación eficiente del concreto, el cual se hará con vibrador.

Por lo tanto, el valor dependerá de la obra a realizar.

2o. Tamaño máximo de agregado.

Se tomará el mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de estructura.

También dependerá de la forma de transporte y del personal existente para colocar el concreto.

Verificamos si el tamaño máximo de agregado pasa las medidas establecidas.

3o. Cantidad máxima de agua.

Se estima la cantidad máxima de agua necesaria en los materiales, para lograr una correcta colocación.

El agua es el principal elemento de amasado de la mezcla, por tal motivo debemos tener un control estricto y no proporcionar arbitrariamente para evitar problemas de agrietamiento, porosidad, etc.

El valor de la máxima cantidad de agua permisible, lo obtenemos de un parámetro fundamental y del revenimiento deseado.

4o. Relación agua/cemento.

Este es el punto más importante, en el cálculo de la dosificación, de esta relación dependerá que la mezcla alcance sus propiedades de acabado, ya que para distintos materiales se obtienen resistencias diferentes para una misma relación.

Esta constante, dará características propias a la mezcla y determinará el uso de la misma.

5o. Cantidad de cemento.

La cantidad de cemento, regirá la calidad de la mezcla y dependerá del tipo de cemento que se use y del control de calidad.

Para obtener la cantidad de cemento usamos la relación.

6o. Cantidad de agregado grueso.

Este material, por su abundancia en la naturaleza, da a la mezcla una economía elevada para su uso en el concreto hidráulico.

La cantidad de agregado grueso como principal elemento de cuerpo y resistencia para la mezcla, será insustituible en la dosificación del concreto.

La constante nos da un parámetro fundamental para obtener la cantidad necesaria de material grueso.

7o. Cantidad de agregado fino.

El valor del agregado fino, lo podemos obtener de dos formas.

Lo haremos por peso, el cual obtenemos por diferencia de pesos de los materiales restantes.

Los resultados se pueden resumir y comparar con el peso aproximado de un metro cúbico de concreto armado, y de ahí elaborar muestras, dejando el tiempo suficiente para someterlas a las pruebas de laboratorio y de campo, para saber que tan cerca estamos de los resultados esperados.

En caso de no llegar a los resultados se harán correcciones a la mezcla dosificada.

El concreto hidráulico en combinación con el acero de refuerzo se logran construir obras impresionantes y de gran magnitud, tales como:

- túneles
- obras de servicio
- puentes
- edificios, etc.

Por tal motivo, para todo ingeniero civil, es importante conocer algún método de dosificación de mezcla, ya que este material va ligado al pasado, presente y futuro de la construcción.

Conociendo esto y otros aspectos importantes lograremos un avance seguro y firme en el conocimiento de nuestros materiales, que a través del tiempo nos proporcionará una mejor infraestructura con el costo más adecuado a nuestra economía.

V.- CONCLUSIONES

Una de las partes más importantes en la construcción, es el concreto, siendo este un elemento base y como principal elemento en el acabado de la estructura, debemos considerarlo en los cálculos de manejo, colocación, transporte y carga, como un elemento frágil a cualquier cambio en el control de calidad.

Todas las ramas de la ingeniería civil, en mayor o menor contacto con el concreto, deben considerarlo, tanto en las características de cada material, como en sus propiedades al formar, el concreto.

Como se ha podido observar, los materiales deben cumplir con los requisitos mínimos de control de calidad, para lograr una mezcla base y, de ahí hacer los ajustes necesarios hasta alcanzar los objetivos propuestos por el diseño.

Como puntos principales para la dosificación de mezclas de concreto, tenemos que:

El principal punto para lograr un buen control de calidad, es la cantidad de agua, donde dependiera como principal punto la resistencia del concreto, y su manejabilidad para su correcta colocación y el acabado necesario en la obra.

El agua como principal intermedio en la mezcla deberá ser manejado con toda la precisión posible para alcanzar los resultados esperados.

El cemento es el otro componente importante para la mezcla y a mayor cantidad de cemento la mezcla quedará enriquecida y alcanzará la resistencia pedida en el menor tiempo. Este es el principal objetivo de toda mezcla, pero debe haber una relación muy estrecha con la economía de la obra y de ahí basarse en las cantidades requeridas del material.

El cemento, como aglutinante de la mezcla, deberá ser tratado con mayor cuidado que los demás componentes, ya que la fragilidad de la mezcla, aquí depende.

Los demás componentes, estarán rígidos por el control de calidad de cada uno. Sin embargo también es importante que cumplan con los requisitos mínimos de control de calidad, para así mantener un nivel de calidad y asegurar que la obra funcione como fue proyectada.

El método de dosificación, será elegida según la calidad de la obra y la importancia que tenga para el desarrollo de la comunidad.

Todos los métodos son buenos, sin embargo debemos tener en cuenta que no siempre estarán a la mano los más exactos, por tal motivo es preciso conocer un método práctico que nos acerque a la realidad, en el momento preciso.

Los métodos de dosificación, nos dan un acercamiento apr ximado, a la cantidad de material de cada uno, sin embargo todos los métodos tienen un factor de seguridad, el cual nos dará un rango para poder aplicarlo.

Para todo ingeniero en el área de construcción es imprescindible el conocimiento de la dosificación del concreto. En obra es de gran importancia tener conocimiento de sus características y como se comportará en cierta circunstancia. Es necesario conocer las pruebas básicas que se le hacen al concreto, para poder hacerle cambios y ajustes antes de su colocación, ya que cualquier cambio provocará un aumento considerable dentro de su economía y la obra alcanzar  un costo elevado o se saldr  del presupuesto previsto.

La economía de un concreto dependerá de la dosificación y de su acercamiento a la realidad.

Los valores de los métodos propuestos en este trabajo, están poco separados uno de otro por tal motivo se deduce que los métodos son aplicables y de seguridad confiable.

BIBLIOGRAFIA

- "Procedimientos de Construcción pesada concreto"
Ing. Rafael Abulto Valdés
Facultad de Ing. Depto. de Construcción.
- "Concreto Armado en Estructuras"
Aro. Vicente Pérez Alamo.
Ed. Trillas.
- Tesis Profesional
"Método Numérico para el Diseño Óptimo de Mezclas de Concreto"
Enrique Martínez Alatorre.
Facultad de Ingeniería, UNAM.
- "Selección y Empleo de Agregados para Concreto"
ACI - 621
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- "Concreto Premezclado"
AMIC ; NOC - DGN
- "Control de Calidad del Concreto"
IMCYC/8
ACI - 704
L - NOR - 01
- "Manual de Dosificación de Mezclas de Concreto"
Instituto Colombiano de Productores de Cemento
(I.C.P.C.)
- "Diseño de Mezclas de Concreto"
I.MME No. 7
Jose Grasses
- "Método Práctico para Dosificar Mezclas de Concreto"
N.T. No. 12 ICPC
Ing. Jesús Humberto Arango T.
- "Práctica para Dosificar Concreto Normal, Concreto Pesado y
Concreto Masivo"
IMCYC S 3
- "Práctica Recomendable para Dosificar Concreto de Peso Normal".
ACI - 21.1-7
IMCYC S 2

BIBLIOGRAFIA

- Colocación del Concreto por Métodos de Bombeo.
Comité ACI-304
- Concreto Reforzado
Tomo 4 S.P. # 12 1965
- Concreto Ligero.
"An Introduction to Lighthigh Concrete"
Cement and Concrete Association.
- Impurezas en los agregados y sus propiedades deletereas
Ing. Adolfo Portal Portal
=The british concrete society=
- Especificaciones generales para la construcción.
Tomo 8 G. del Edo. de México.
- Principales materiales y su empleo en la construcción.
A. de C. I
Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Propiedades y Grietas de los Agregados Naturales.
Ing. Thomas J. Tippler.
S - 6 Tecnología del Concreto.
- Concreto Lanzado
Boletín del cemento y del concreto
julio-agosto 1973
No. 12
- Cemento Portland.
Fabric. Prop. y Empleo.
Ing. Ausencio Aguilar Calderón
S - 4
- Nuevos Aspectos en el Control de la Calidad del Concreto.
Adolfo Portal Portal
=The British Concrete Society=
- Principios de Geología y Geotécnia para Ingenieros
Aimitri P Kryine
Ediciones Omega S.A. Barcelona
- Composición de las Mezclas de Concreto
Ing. Thomas J. Tipler.
S - 8 Tecnología del Concreto.