



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

16
24'

“DISEÑO DE MEZCLAS
DE CONCRETO NORMAL”

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

JOSE JUAN GARCIA PEREA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

San Juan de Aragón, Méx. 1992



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

CAPITULO I).- INTRODUCCION.	3
 CAPITULO II).- PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETOS.	
2.1 Definición.	8
2.2 Requisitos.	8
2.3 Estudios y localización de bancos.	11
2.4 Selección del tipo de material.	13
2.5 Estudio de bancos.	20
 CAPITULO III).- DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.	
3.1 Clasificación de los agregados.	28
3.2 Arena.	
3.2.1 Granulometría.	29
3.2.2 Modulo de Finura.	30
3.2.3 Absorción.	31
3.2.4 Densidad Relativa.	33
3.2.5 Peso Volumétrico.	34
3.2.6 Perdida por Lavado.	36
3.2.7 Prueba de Colorimetría.	37
3.3 Grava.	
3.3.1 Granulometría.	40
3.3.2 Absorción.	44
3.3.3 Densidad.	45
3.3.4 Peso Volumétrico.	47
3.4 Resistencia de los Agregados.	52

CAPITULO IV).- PROPORCIONAMIENTO DE COCRETO NORMAL.

4.1	Datos y Nomenclatura.	60
4.2	Proporcionamiento Base por Cantidad de Cemento.	61
4.3	Correcciones.	63
4.4	Efectos de la Humedad Superficial.	72
4.5	Proporcionamiento Base por Medio de Vacios.	74
4.6	Relación Agua - Cemento.	77
4.7	Proporcionamiento Base por Medio de Graficas.	79
4.8	Proporcionamiento de Concreto con Tablas y Formulas.	88
4.9	Comparación de Métodos de proporcionamiento.	96

CAPITULO V).- INSPECCION DEL CONCRETO.

	Aspectos de Inspección.	97
5.1	Dispositivos de Peso.	99
5.2	Estado de la Arena.	99
5.3	Agregados Clasificados.	99
5.4	Corrección de los Agregados.	101
5.5	Estado del Cemento.	101
5.6	Revisión del Equipo.	101
5.7	Previsión de Interrupciones.	102
5.8	Revisión de Sitios de Colado.	102
5.9	Introducción de Materiales.	103
5.10	Tiempo de Mezclado.	103
5.11	Conducción de la Mezcla.	105
5.12	Colocación del Concreto.	105
5.13	Compactación de la Mezcla.	106
5.14	Acabado Superficial.	108
5.15	Revenimiento.	109
5.16	Protección del Concreto Fresco.	111
5.17	Curado del Concreto.	112
5.18	Control de Resistencias.	118

CAPITULO VI).- CONCLUSIONES. 122

APENDICE. 124

BIBLIOGRAFIA. 135

CAPITULO I

INTRODUCCION

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

Los objetivos de este trabajo son establecer como deben estudiarse los materiales que componen los concretos, así como el control que debe tenerse al trabajar con ellos.

Integrar una serie de información dispersa para consulta de este tema en la carrera de ingeniería civil y sus afines, así como consulta para los estudiantes de la carrera misma.

Las normas que se establecen en el presente estudio, tienen un carácter general y se refieren a una técnica que debe seguirse al efectuar las pruebas. La decisión respecto a utilizar o desechar un material debe hacerse, no solo basándose en los resultados aislados de las pruebas, sino en el conjunto de características físicas y químicas de los materiales y de las condiciones económicas para su aprovechamiento.

Por otra parte se presentan varias alternativas de diseño para concretos, lo cual ayudara a realizar proporcionamientos de mezclas de concreto, la descripción que se hace de cada uno de los métodos es en forma general e inicia desde la determinación de los lugares idóneos para explotación de bancos de agregados, la clasificación y determinación de sus propiedades físicas y químicas, teniendo dichos elementos se procede a la determinación del proporcionamiento por el método más comodo o más efectivo según sean las exigencias de la obra que se esta construyendo. De

aquí se inicia posteriormente un estudio de inspección de los lugares donde se colocara el concreto, así como también, las formas de como se debe colocar correctamente y el curado que se debe hacer al elemento ya colado para obtener sus mejores características estructuralmente hablando.

Basicamente el enfoque de este trabajo esta orientado al estudio, en la elaboración de concretos hasta su colocación en sitio, las pruebas despues de colados solo se reduce a la determinación de la resistencia obtenida segun sea la edad del concreto y es la unica prueba mecánica realizada después de colocado, npo se hace ningun otro tipo de pruebas por ser propias de otro estudio, el cual el presente no abarca.

Este trabajo se ha dividido en cinco partes.

En el capitulo II se abarcan generalidades sobre los estudios preliminares que deben realizarse en cuanto a los bancos de materiales, los requisitos que deben cumplirse para que estos sean idoneos para su explotación, la selección del tipo de material a utilizarse como agregado grueso y fino, sean materiales obtenidos de trituración, de minas, o de darse el caso extraídos de bancos naturales tales como riberas de rios etc.

El estudio de los bancos tiene como fin, poder clasificar los agregados, tener lo mas cercano posible al lugar de elaboración de los concretos el o los bancos que sean utiles, lo cual traera consigo que el costo de la elaboración de los mismos se

reduzca considerablemente.

El capítulo III es un resumen de las pruebas físicas que se deben realizar a los agregados para determinar sus características y poder tener los agregados más idóneos o mejor seleccionados de los bancos que se tengan por explotar.

La determinación de estas características físicas nos proporciona datos indispensables para la elaboración del concreto. La obtención de estos elementos se inicia con las pruebas sencillas tales como, la absorción, densidad y peso volumétrico de los agregados grueso y fino.

La prueba de colorimetría nos indica que tan contaminado puede estar un agregado, la determinación de la pérdida de finos por lavado y la humedad son otras características que a su vez son respaldo de las primeras.

La granulometría de los agregados nos arroja datos muy importantes para realizar operaciones las cuales nos proporcionaran la razón óptima de grava y arena.

Las determinaciones especiales tales como el inemperismo acelerado, la petrografía, nos dan un reflejo del estado físico que guardan los agregados al estar atacados en forma directa por el medio ambiente al estar ya integrados a un elemento de concretos.

Dentro del capítulo IV se hace un resumen de los métodos que generalmente se usan para la elaboración de mezclas de

concreto normal.

Los métodos que se describen son el proporcionamiento base por cantidad de cemento, proporcionamiento por medio de vacíos, proporcionamiento base por medio de graficas y por ultimo el proporcionamiento de un concreto con tabalas y formulas.

Se explican los efectos que provoca la humedad superficial, la relación agua-cemento y se termina haciendo una comparación de los métodos de proporcionamiento, teniendo un reflejo clarao de cual de los metodos es el más acertado y cual es el más sencillo en su aplicación y obtención de resultados.

El capítulo V nos proporciona una sintesis de las actividades que se deben de realizar en campo para tener una inspección correcta del concreto.

En dicha sintesis se describen los dispositivos que se deben emplear para una colocación correcta del concreto la revisión a la cual se debe someter cada uno de los elementos participantes en el colado de un concreto, tales como la cimbra, el equipo, el estado del cemento, los sitios de colado, la introducción de los materiales, el tiempo de mezclado.

Algunas veces se menosprecian algunos elementos tales como los lugares por donde se conducira el concreto para su colocación, el acabado superficial que se debe tener, el revenimiento, el curado del concreto, estos aspectos son fundamentales en la colocación de un concreto; pues nos dan un

reflejo de las características que tiene el concreto elaborado y que se colocara en el lugar deseado. Dichos elementos son primordiales, así como, el control de las resistencias en los concretos que se vayan colocando, por lo que durante la inspección se debe tener la cautela debida para tener fuentes fidedignas de información para cuando la obra que se este construyendo quede concluida y se tenga plena seguridad de que todos los elementos colados fueron elaborados lo mejor posible.

En el capítulo VI se hace un resumen de las conclusiones obtenidas durante la elaboración de todos y cada uno de los capítulos que dieron forma a este trabajo, el cual tienen como finalidad ser lo más útil posible para los estudiantes de la carrera de ingeniería civil y sus afines.

CAPITULO II

PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO

PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO.

2.1 DEFINICION:

El proporcionamiento de un concreto debe consistir siempre en determinar la mezcla más económica de cemento, agregados pétreos, agua y eventualmente algún adicionante, que contenga las características necesarias para cumplir con los requisitos del elemento estructural del cual ha de formar parte.

En esta definición, la mezcla de concreto más económica no siempre es la que tiene el menor consumo de cemento por metro cúbico de concreto; en ocasiones, por la magnitud de la obra o por el pequeño volumen de concreto requerido en su construcción, resulta más económico emplear métodos conservadores y expeditos para el diseño de la mezcla, a base de estudios que se efectúan en laboratorios.

2.2 REQUISITOS.

En las obras hidráulicas, el cemento debe cumplir fundamentalmente con alguno de los dos requisitos siguientes: resistencia e impermeabilidad. Por ejemplo, el concreto para revestimiento de canales no requiere resistencias mayores de 100 ni menores de 70 kg/cm² a los 28 días de edad. Igualmente basta la misma condición en concretos para dentellones, en cimentaciones de las cortinas; lo mismo para el relleno de las

oquedades resultantes de limpias energicas en la zona de desplante del material impermeable de las cortinas. Sin embargo de acuerdo a la magnitud de los esfuerzos de diseño considerados en las pequenas obras de irrigación, pueden requerirse resistencias hasta de 210 kg/cm², por supuesto, dentro del rango de esbeltez que se tiene considerado en los elementos estructurales.

En los casos anteriores se requieren concretos "pobres", es decir, que tengan un bajo consumo de cemento por metro cúbico de concreto; a veces, en obras de magnitud mediana o grande, hay que considerar otros efectos, como en los saltos de esqui y en los paramentos vertientes en la descarga de los vertedores, en los elementos auxiliares dentro de los tanques amortiguadores, en las rápidas de los canales, etc. En donde pueden necesitarse resistencias iguales o mayores a 200 kg/cm² para protección del concreto contra efectos abrasivos de las corrientes de agua que llevan partículas solidas en suspensión.

MANEJABILIDAD.

Otro requisito para que una mezcla de concreto sea aceptable es la llamada "manejabilidad" o "trabajabilidad. Esto quiere decir que el concreto debe tener cierta "consistencia plástica" para lograr colocarlo fácilmente, sin que se presente la separación o

segregación de los agregados. Para que el concreto sea plástico y cohesivo debe tener suficiente pasta de cemento para envolver las partículas de los agregados; con esto se obtiene un concreto homogéneo y se elimina al mismo tiempo las posibilidades de que se formen "bolsas" de pura arena y oquedades entre la grava.

La manejabilidad de una mezcla de concreto queda definida de acuerdo con la facilidad que se tiene para trabajarla o colocarla dentro del molde en un elemento constructivo determinado. La manejabilidad de un concreto "fresco" puede depender de la forma, del tamaño y del tipo de elemento que se va a "colar", y de la separación entre las varillas del fierro de refuerzo. Así por ejemplo, para estructuras de concreto masivo se pueden emplear mezclas con agregados de gran tamaño actuando como elementos desplazantes del concreto.

OTROS REQUISITOS.

En algunos casos, en la mezcla de concreto se requieren características o requisitos particulares para cumplir con otros fines además del constructivo propio. Por ejemplo, el concreto que se utilice en el relleno de oquedades y de cualquier zanja para desplante para estructura o dentellón, en donde la roca la roca de cimentación se encuentre fracturada o agrietada por la acción de los explosivos, debe colocarse con revenimiento entre

12 y 14 cm para incrementar la "permeabilidad" de su mortero en las fisuras. También en el "concreto ciclópeo" cuando se emplea un concreto con una fluidez relativamente alta, la roca desplazante penetra fácilmente y la masa de concreto acepta una mayor cantidad o proporción de roca. A continuación se presenta una tabla con valores de revenimientos propuestos para diversas aplicaciones.

CONCEPTO	T.M. GRAVA (pulg)	RESISTENCIA A COMPRESION kg/cm ²	REVENIMIENTO (cm)
Lugar de aplicación			
Dentellones			
Relleno de oquedades Ciclópeos	3 o 6	70 a 100	12 a 14
Losa de liga			
Cimentación cortina	3	90 a 110	12 a 14
Massivo	3 o 6	70 a 100	6 a 10
Revestimiento de canales	1.5 o 2	70 a 100	6 a 8
Pantalla cortina (sección gravedad)	3	140	9 a 11
Estructural	1.5 o 2	140 a 210	9 a 11

Nota: La resistencia se refiere a la edad de 28 días.

2.3 ESTUDIOS Y LOCALIZACION DE BANCOS.

Para llegar a establecer el proporcionamiento de concreto es necesario efectuar previamente una serie de trabajos concernientes a la localización y selección de los bancos de

agregado, y al estudio de las características de los materiales.

Actualmente se tiene normalizado el uso de concretos con resistencia de 70 a 100 y de 140 kg/cm² para diversas estructuras; de aquí que el estudio de los concretos se puede conducir independientemente y anticiparse a los otros estudios requeridos para definir el proyecto de cada aprovechamiento hidráulico.

De acuerdo con el orden de los trabajos necesarios, se procede primeramente a recorrer los alrededores del sitio del proyecto en busca de bancos naturales de gravas y arenas que pueden proporcionar económicamente el volumen de agregados requerido en obra.

Cuando los agregados naturales disponibles quedan muy distantes de la obra, se debe pensar en la utilización de los agregados triturados y hacer un estudio económico comparativo para determinar que tipo de agregados deben usarse. Los materiales triturados son más costosos por su elaboración, pero los kilómetros de sobre-acarreo pueden hacer mayor el precio unitario de los agregados naturales. Frecuentemente resulta más económico el uso de un consumo mas alto de cemento en materiales de menor calidad, para alcanzar la resistencia requerida, que utilizar agregados de mejor calidad que se localizan a mayor distancia.

No todos los bancos tienen el material con la granulometría adecuada, pero se pueden estudiar y utilizar los agregados de bancos diferentes de acuerdo con los porcentajes que sean necesarios para una buena mezcla. A veces conviene combinar agregados naturales con triturados. La granulometría de la arena gruesa se puede mejorar añadiéndole un pequeño porcentaje de "finos", ya sea arena fina, puzolana o hasta algún limo inorgánico en el caso de no disponer de otro material.

En algunas ocasiones ha sido posible emplear grava y arenas provenientes de "tezonle" (escoria de basalto), cuya granulometría total se ha modificado con adición de arena natural muy fina y de puzolana. Otras veces, se ha presentado la necesidad de utilizar cenizas volcánicas a falta de arenas francas, siempre con condiciones de puzolanas y considerando un incremento en el consumo de cemento para asegurar la resistencia requerida por el proyecto.

2.4 SELECCION DEL TIPO DE MATERIAL.

BANCOS NATURALES.

La forma de las partículas de agregados en depósitos fluviales suele depender de las distancias de acarreo y de la naturaleza de las rocas de origen. Mientras mayor es el desarrollo y velocidad del agua de un río, mayor es la distancia que recorre una partícula de tamaño determinado, y más redondeada tiende a ser su forma resultante. La presencia de planos

debiles (planos de crucero en los minerales y diaclisas en las rocas) tambien influye en la forma de las particulas. Las rocas que no tienen planos debiles definidos, como el cuarzo, granito y marmol, tienden a producir fragmentos equidimensionales, mientras las que si poseen planos bien definidos dan por resultado fragmentos tabulares (feldespatos) o angulosos (basalto).

Los casos más frecuentes como se presentan los depósitos de agregados de origen fluvial son los siguientes:

a).- CAROS DE DEYECCION.

Son los depositos aguas arriba de un valle, al pie de las montañas. Suelen ser heterogéneos, compuestos de gravas grandes y arenas, y de muy poca profundidad. Debido al escaso acarreo, las particulas generalmente tienen formas con tendencia angulosas.

b).- DEPOSITOS DE CAUCE.

Se localizan con mayor frecuencia en rios, con grandes cuencas de captación que experimentan fuertes variaciones de gasto en las distintas épocas del año. Así, en tiempo de avenidas, el agua invade las partes altas del cauce y deposita fragmentos de diversos tamanos, en cuya tendencia influye notablemente la geometría del cauce, de modo que es posible encontrar dos depósitos proximos con muy distintas características granulométricas. Las particulas suelen ser sanas

y de formas redondeadas.

c).- TERRAZAS.

Son planicies o escalones que se encuentran a los lados del cauce de un río, y que muchas veces, por estar cubiertos de vegetación, la presencia de agregados no es muy evidente. Son depósitos generalmente antiguos que se formaron como resultado de cursos anteriores del río, o por avenidas extraordinarias que provocaron inundaciones en áreas vecinas al cauce. Pueden contener arenas y gravas bien graduadas y de formas redondeadas; no obstante, debido a su antigüedad, es posible la existencia de partículas alteradas por meteorización. Este aspecto merece especial atención durante el estudio de un depósito de esta naturaleza.

d).- PLANICIES.

En la zona baja de un valle, donde el agua se desplaza a menor velocidad, tienden a crearse amplios depósitos de material fino en forma de planicies que pueden abarcar todo el ancho del valle. También suelen presentarse en la proximidad de la desembocadura de un río. Se caracterizan estos depósitos por la finura de sus partículas, principalmente si se trata de corrientes muy sinuosas, de ahí que sea común la presencia de limo y arcilla. Así, el aprovechamiento de su arena y grava como agregados para concreto puede requerir un tratamiento previo (lavado) que permita obtener materiales limpios.

MATERIAL TRITURADO.

Cuando no se dispone de agregados naturales cercanos a la obra, se opta por considerar la alternativa de transportarlos de lugares lejanos o bien obtenerlos por trituración de una roca cercana de calidad adecuada. Si esta existe, la decisión final puede depender de un estudio económico que tome en cuenta aspectos tales como el costo unitario de los agregados puestos en la obra, el consumo unitario de cemento requerido en ambos casos para obtener las propiedades necesarias en el concreto fresco y endurecido, la necesidad de emplear aditivos en algunos casos, etc.

Las rocas para producir agregados triturados pueden consistir en grandes fragmentos naturales (bloques y boleos) o en formaciones de roca fija que deben explotarse como canteras para obtener la fragmentación inicial.

Los grandes bloques y boleos generalmente tienden a presentarse en las zonas altas donde se originan los ríos o en el cauce de los arroyos de carácter torrencial. Por tanto, su proximidad al sitio en el que se requieran los agregados no suele ser un caso frecuente. En presencia de materiales de esta naturaleza su posibilidad de competir con la explotación de una cantera depende de factores como la accesibilidad para su extracción a lo largo y ancho del depósito; procedimiento requerido de extracción en función del tamaño de los fragmentos;

calidad y forma de fragmentarse de la roca, etc.

Al estudiar formaciones de roca que sirvan para producir agregados triturados, deben atenderse tres requisitos principales: a) calidad y homogeneidad de la roca, b) potencialidad y facilidad de explotación de la formación rocosa, c).- características del producto.

a).- CALIDAD DE LA ROCA.

Para conocer la calidad de la roca existente en una formación se requiere, por lo general, la inspección detallada de un geólogo experimentado y la determinación de propiedades sobre muestras representativas. La inspección debe enfocarse hacia el conocimiento de la uniformidad del material en todas direcciones, determinar la presencia de material alterado superficial y su espesor probable, conocer la existencia de fracturas o juntas rellenas de arcilla o de otro material indeseable y estimar el volumen aproximado aprovechable. Las propiedades de la roca que interesa conocer en primer lugar son: peso específico, absorción, sanidad, composición mineralógica, y resistencia a la compresión y a la abrasión. Para determinarlas es necesario obtener muestras representativas de la roca en diferentes zonas y profundidades de la formación.

b).- POTENCIALIDAD DE LA FORMACION.

Cuando la formación de roca se manifiesta como un

afloramiento bien definido, la estimación de su potencialidad puede efectuarse mediante un simple levantamiento topográfico. De no ocurrir así, es necesario proceder a la ejecución de barrenos de sondeo y al empleo de métodos geofísicos de medición.

c).- CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO.

Reviste gran importancia predecir con suficiente aproximación las características de forma y granulometría de los fragmentos que vayan a producir en el momento de triturar la roca procedente de una cierta cantera, ya que puede servir como un elemento de juicio adicional para la selección de la materia prima más conveniente. En este sentido, conviene recordar que las formas deseables son las equidimensionales y que es indeseable la formación excesiva de polvo durante la trituración.

Normalmente, es posible suponer dichas características a través de exámenes macro y microscópicos de la roca, observando la estructura y textura. Como ya se menciono, las rocas que no presentan planos débiles definidos (como el Cuarzo) ofrecen la misma posibilidad de fracturarse en cualquier dirección y producen fragmentos con tendencia equidimensional; en cambio, minerales como feldespatos, que presentan dos planos de crucero, producen fragmentos con tendencia tubular. Por otra parte, rocas que en su estructura tienen granos poco entrelazados tienden a disgregarse demasiado durante la trituración,

produciendo exceso de finos; en cambio, las rocas compactas con granos fuertemente entrelazados tienden a producir pocos finos durante la misma.

Conviene tener presente que también es posible influir en las características de la forma y granulometría del producto mediante la acertada selección del equipo que se emplee para la fragmentación de la roca.

Los factores que intervienen en la selección entre agregados naturales y triturados son: Costo, Calidad, y Granulometría.

Los depósitos naturales, que se presentan como sedimentarios en cauces de corrientes de agua, son los más económicos y tienen las siguientes ventajas:

- Localización: generalmente se encuentran en los cauces de los ríos o arroyos en donde se construya la obra.
- El arrastre hace subsistir el material de mejor calidad.
- El arrastre les da forma arredondada, con lo cual se logra un mejor acomodamiento en el concreto, requiriendo menor cantidad de pasta de cemento para conseguir la trabajabilidad que deseada.

En algunos casos se determinara el uso de agregados triturados cuando los bancos de agregados naturales quedan distantes del sitio de la obra y por su acarreo resultan con un precio unitario considerablemente mayor, o cuando en el banco de

agregados naturales no se tiene la granulometría adecuada y parte de ellos debe triturarse para reducir el volumen de material desperdiciado.

2.5 ESTUDIO DE BANCOS.

Una vez definidos los probables o posibles bancos de grava y arena, deben efectuarse trabajos de exploración y de muestreo en pozos a cielo abierto o trincheras, para seleccionar el más atractivo. La profundidad de los pozos, que sirvan para muestrear y para ubicar bancos, debe llevarse a todo el espesor del manto de acarreo o cuando menos a una profundidad que garantice la obtención del volumen requerido en la obra.

El volumen de muestras debe ser suficiente para que puedan determinarse las propiedades físicas del material, para poder elaborar un concreto de prueba.

En la etapa de estudios preliminares, el muestreo de agregados normalmente consiste en obtener muestras en depósitos o yacimientos naturales y/o en bancos de roca para triturar, sin embargo, se presentan casos especiales, principalmente en obras de poca magnitud, en que se hace necesario muestrear almacenamientos de agregados ya procesados (naturales o triturados), debido a que existe la posibilidad de adquirirlos en esas condiciones.

En cualquier caso durante las operaciones de muestreo debe atenderse el cumplimiento de los siguientes aspectos básicos:

Definir correctamente el número y tamaño de las muestras por obtener.

Seguir procedimiento estándar en la obtención de las muestras.

Recabar todos los datos relacionados con la procedencia y finalidad de las muestras.

Procurar el tratamiento correcto a las muestras para su remisión al lugar de ensaye.

El número de muestras que conviene tomar en un momento dado, para representar el conjunto sujeto a muestreo, normalmente depende de las dimensiones del conjunto, heterogeneidad que es probable encontrar en el material, cantidad de material que se requiere explotar, propiedades que se requieren explotar y aproximación con que se pretenden conocer esas propiedades. Siendo todas estas condiciones susceptibles de variar muy ampliamente de un caso a otro, no es posible reglamentar el número de muestras que deben tomarse por lo que solo se incluyen, en este aspecto, criterios recomendables de carácter general según se trate de muestrear depósitos naturales, bancos de roca o almacenamientos de agregados procesados.

En cuanto al tamaño de las muestras, su definición resulta más factible debido a que puede establecerse en función del tipo de material que se muestrea, tamaño de los fragmentos más grandes que están presentes, y clase y número de pruebas que requieren

efectuarse.

Existen algunas experiencias en cuanto a la conveniencia de seguir determinadas prácticas recomendables durante las operaciones de muestreo. Sin embargo, no es posible encuadrar los procedimientos por sistemas invariables, debido a que existe una serie de condiciones particulares (topografía del terreno, profundidad de las aguas freáticas, etc.) que pueden experimentar cambios importantes.

El aspecto que si puede generalizarse para toda clase de muestras de agregados o de rocas para triturar, se refiere a los datos que usualmente se requieren suministrar junto con la muestra, con objeto de poder identificarla plenamente y conocer el propósito de su obtención.

En lo que sea aplicable en cada caso, conviene adjuntar a las muestras la siguiente información:

- Nombre de la obra de la que proviene.*
- Aplicación que se le pretende dar al material.*
- Nombre y situación del lugar de extracción.*
- Distancia de este lugar al sitio de aplicación.*
- Volumen total de material requerido para la obra.*
- Volumen estimado de material disponible en el lugar muestreado.*
- Facilidades existentes para acceso y explotación del lugar.*

- *Numero total de muestras obtenidas en el lugar.*
- *Definición del punto de obtención de cada muestra.*
- *Numero de muestras obtenidas en un mismo punto.*
- *Espesor del despalme en cada punto.*
- *Profundidad o espesor del material representado por cada muestra.*
- *Profundidad del nivel freático en cada punto.*
- *Fecha del muestreo.*

PROCEDIMIENTO Y EQUIPO UTILIZADO.

MUESTREO EN DEPOSITOS NATURALES.

No es común encontrar en la naturaleza depósitos de agregados en condiciones ideales para su utilización. Sin embargo son numerosos los casos de obras de concreto en que se han empleado agregados naturales puestos en condiciones de utilización mediante tratamientos mas o menos simples. Esta observación tiene por objeto señalar la inconveniencia de rechazar, de primera intención, materiales que manifiesten algun aspecto inadecuado, pero cuya aplicación pueda ofrecer atractivos bajo otros aspectos.

Como existe marcada tendencia hacia la homogeneidad en los depósitos naturales, principalmente en lo que se refiere a granulometría, es necesario frecuentemente multiplicar "

muestreo con objeto de obtener información de cierta confianza. Para extraer esas muestras existen varios procedimientos en uso, siendo los más comunes: barrenos, pozos y zanjas.

BARRENOS: Este sistema requiere el empleo de equipo especializado de perforación; de ahí que su aplicación normalmente se limite a grandes obras en las que requieren fuertes volúmenes de agregados, por lo cual es necesario explorar depósitos de gran extensión mediante numerosos sondeos.

POZOS: Este procedimiento es posiblemente el más empleado para muestreo de agregados naturales, siendo frecuente el uso de herramienta de mano, aunque se presentan casos en los que se utiliza maquinaria para excavación. La profundidad que puede o conviene dar a un pozo es difícil de predecir, por lo que generalmente se deja a juicio del responsable del muestreo. Para ello debe tomar en cuenta: medios disponibles para la excavación, características del material, volumen por explotar, presencia de agua filtrante, profundidad del nivel freático, posibilidad de ademe, etc.

ZANJAS: En ocasiones, por diversos factores topográficos del depósito, se facilita la excavación de zanjas o trincheras, pudiéndose presentar el empleo de equipo mecánico. Este último aspecto hace más atractivo aplicar dicho procedimiento para el muestreo en casos en que es aplicable. El criterio que conviene

seguir para la extracción en este tipo de situaciones, es el mismo que el recomendado para los pozos, aun cuando la excavación de zanjas normalmente se limita a menores profundidades de las que pueden alcanzarse mediante pozos.

Junto a las primeras muestras conviene obtener la mayor información posible respecto al depósito; principalmente:

- *Situación del depósito respecto a las obras donde se proyecta emplear el agregado.*
- *Plano topografico del depósito. Es recomendable emplear una escala aproximada de 1:10 000 o tal vez menor, con curvas de nivel a cada 5 m. Debe incluirse la localización de los sondeos.*
- *Profundidad del nivel freático en el lugar y fecha de los sondeos. De ser posible, información para otras épocas del año. Corte geológico del terreno en cada lugar del sondeo.*

MUESTREO DE CANTERAS.

Obtener muestras representativas del material en una formación de roca, propuesta para explotación, frecuentemente es laborioso y requiere mucha atención por parte de la persona que extraiga las muestras, debido a que en muchos casos, las formaciones no presentan un frente definido o contienen material alterado.

Si bien es necesario extraer muestras de roca en el interior de la masa, también conviene hacerlo en zonas alteradas o cualquier otra en que se aprecie cambio aparente del material, con objeto de conocer no solo las propiedades de la roca presumiblemente inalterado, sino también de aquella que manifieste alteración de cualquier índole. Este muestreo debe complementarse con planos de localización y topográfico de la cantera, señalamiento de los sitios de muestreo, datos de fracturas e irregularidades de la roca, y cortes geológicos indicando espesores de despalle, de material inalterado y demás cambios que se observen.

Para los fines usuales, basta que cada muestra conste de 50 kg aproximadamente, requiriéndose por lo menos una para cada zona diferente dentro de una misma cantera, pero no menos de dos muestras por cada cantera propuesta. La muestra puede constar de varios fragmentos siendo deseable que sean del mayor tamaño posible y de forma aproximadamente equidimensional, a fin de permitir, en caso necesario, obtener especímenes (Cilíndricos o Cúbicos) en los que se determine la resistencia a la compresión.

Para obtener muestras profundas, generalmente es necesario el empleo de explosivos o la perforación de barrenos con sistema de recuperación, ofreciendo este último la ventaja de suministrar datos para cortes geológicos, con toda su información complementaria. En este caso, las muestras deben constar de todo el material recuperado en la barrenación.

Para transportar muestras compuestas de fragmentos, se recomienda el empleo de cajas de madera, acuchadas con serrín o viruta de madera que amortigue los golpes. Por lo que respecta al transporte de muestras obtenidas en barrenos de recuperación, existen cajas especialmente diseñadas.

Las principales condiciones deseables en un banco de agregados son las siguientes:

- Localización cercana al sitio de proyecto.
- Acceso fácil.
- Volumen de materiales suficiente para cubrir las necesidades del proyecto.
- Granulometría adecuada, sin gran cantidad de "Tamaños" no utilizables que se clasifican como "Desperdicio".
- Explotación económica, sin "Despalmes", ni limpias superficiales, sin presencia de agua freática, ni cantos grandes.
- Materiales limpios, sin contaminación de limos, arcillas o materia orgánica.

CAPITULO III

***DETERMINACION DE LAS
PROPIEDADES FISICAS
DE LOS AGREGADOS***

C A P I T U L O I I I
-----**DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.**

Tanto la determinación de las propiedades físicas de los materiales, como los calculos para el proporcionamiento de los concretos son procedimientos rutinarios y se considera que la exposición objetiva más clara se puede lograr con la explicación detallada de un ejemplo, siguiendo la correspondiente secuencia de trabajo.

3.1 CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS.

Se toma una muestra integral de aproximadamente 80 kg de material inerte, procedente del banco " BARRERAS " del proyecto Trojes, ubicado en el Estado de Colima. La muestra se ha sacado para poder llevar a cabo la separación de la arena y de la grava contenidas. Se procede a secar la muestra, esto puede llevarse a efecto exponiendo al sol la muestra del material durante el tiempo que sea necesario para que las partículas queden sueltas.

La separación se hace con la malla No. 4 (aberturas de 3/16", 4.76 mm), considerando que es grava (+4) todo el material que en ella queda retenido y que es arena (-4) todo el material que pase a través de dicha malla. Así, la muestra tomada acusó los siguientes resultados:

GRAVA (+4) = 52.0 Kg

ARENA (-4) = 28.0 Kg

Total = 80.0 Kg

La grava o agregado grueso se clasifica en 4 tamaños:

Grava No.1 .- Pasa la malla de $3/4"$ y se retiene en la No.4

Grava No.2 .- Pasa la malla de $1\ 1/2"$ y se retiene en la malla de $3/4"$.

Grava No.3 .- Pasa la malla de $3"$ y se retiene en la malla de $1\ 1/2"$.

Grava No.4 .- Todo el material de $3", 4", 5"$ y $6"$ retenido en la malla de $3"$.

Generalmente, con estas gravas se elaboran los concretos en campo, aun cuando en algunos trabajos de clasificación de laboratorio la grava No. 1 se divide en dos tamaños:

Grava No. 1a .- Pasa la malla de $3/8"$ y se retiene en la malla No. 4.

Grava No. 1b .- Pasa la malla de $3/4"$ y se retiene en la malla de $3/8"$.

3.2 ARENA.

3.2.1 GRANULOMETRIA.

La arena se somete a la prueba granulométrica para determinar su módulo de finura (M.F.); además, se requiere conocer de ella los siguientes datos: Peso volumétrico, Densidad, Absorción, Pérdida por lavado y colorimetría.

Para conocer la granulometría de la arena se toma una muestra de 500 gr; la cual, se hace pasar sucesivamente por un juego de mallas (Llamados Tamices) identificados con los números 8, 14, 28, 48 y 100 recogiendo el material fino en una charola.

La arena puede clasificarse por su módulo de finura, en base a la designación No. 4 de la (A.S.T.M.), de acuerdo con el cuadro Fig. 1.

CLASE	MÓDULO DE FINURA		PESO DE LA MUESTRA	
Arena gruesa	2.5	a 3.5	400	a 800
Arena Fina	1.5	a 2.5	200	a 400
Arena muy Fina	0.5	a 1.5		200

Fig. 1 Clasificación de la arena.

3.2.3 ABSORCION.

- Arena saturada y superficialmente seca.

La arena en estado saturado y superficialmente seca tiene un color oscuro como el de las rocas húmedas, pero sin brillo; para conseguir que la arena quede en estas condiciones, se coloca poco mas de 1000 gr de material sumergidos en agua durante 24 Hrs y al cabo de éstas se le retira la mayor cantidad de agua posible cuidando de no arrastrar el material mas fino.

A continuación el material se empieza a secar lentamente en una hornilla que proporcione temperaturas menores de 110°C, sin dejar de remover el material hasta que desaparesca toda el agua libre, y despues se continúa el secado bajo el sol o el viento hasta cuando la arena deja de formar grumos al apuñarse con una mano o al presionarse un puñado entre las palmas de las manos.

Este comportamiento nos indicará que el material está muy próximo al estado que se trata de conseguir y por lo tanto, deben emplearse las pruebas siguientes:

Con un cono truncado de lámina; cuyas dimensiones interiores son las que se muestran en la figura 2.

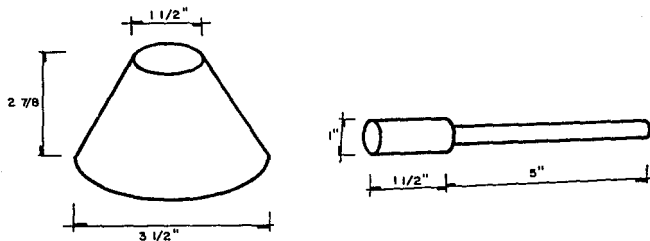


Fig. 2 Cono para arena.

Este molde se llena totalmente con arena y se apisona apoyando "25 veces" sobre la superficie libre un pisón de sección circular de 1" de diámetro y peso de 12 onzas. Este procedimiento se realiza en tres capas hasta enrasar el molde; una vez enrasado se retira el molde cuidadosamente tirando de él hacia arriba; si la arena conserva la forma del molde indicará que aún existe humedad superficial que le proporciona una cohesión aparente. Las pruebas del cono deberán repetirse hasta

el momento en que el material se abata tratando de tomar su ángulo de reposo natural.

Una vez conseguido el estado saturado y superficialmente seco de la arena, inmediatamente se toma una muestra con peso exacto de 500 gr la cual se pone en una sartén o charola a secar totalmente a una temperatura menor de 110 'C, después de lo cual, se enfría y se vuelve a pesar. La diferencia de ambas pesadas reporta el agua de absorción contenida en la muestra, la que se indica como el porcentaje de agua con respecto al peso seco.

$$\text{PORCENTAJE DE ABSORCION} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde: A = Peso de la muestra seca.

B = Peso de la muestra saturada (peso sup. seco)

Para nuestro ejemplo:

A = 481 gr.

B = 500 gr.

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{500 + 481}{481} \times 100 = 3.95$$

3.2.4 DENSIDAD RELATIVA.

Para determinar la densidad de la arena se emplea el frasco de " Le Chatelier " o de Chapman, en el cual se aloja agua hasta la marca 0 cm³; se seca el interior del cuello del frasco. A continuación se toman 50 gr de arena saturada y superficialmente seca, se vierten en el frasco de "Le Chatelier" cuidando de no tirar fuera el material, después se toma, se inclina y se agita

mediante giros hasta expulsar lo mas posible del aire arrastrado por el material. La eliminación de aire puede apoyarse con una bomba que produzca una succión dentro del frasco.

Se deja reposar el frasco hasta que hayan subido y desaparecido las burbujas para permitirnos hacer una nueva lectura que nos proporcionara el volumen desalojado por los 50 gr de arena.

En nuestro ejemplo tenemos:

$$\text{Densidad} = \frac{P}{V} = \frac{50.0}{20.6} = 2.43 \text{ gr/cm}^3$$

Donde: P = Peso de la muestra.

V = Volumen desalojado de la muestra.

Se deduce que en esas condiciones no se expulsa totalmente el aire, por lo tanto, es relativa la densidad obtenida. De cualquier manera, este procedimiento da la aproximación suficiente para la exactitud requerida.

3.2.5 PESO VOLUMETRICO.

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico. Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; la denominación que se le dará a cada una de ellas será: "Peso Volumétrico Suelto" y

"Peso Volumétrico Varillado". La utilidad de uno y otro dependerá de las condiciones de manejo a que se sujeten los materiales en el trabajo.

PESO VOLUMETRICO SUELTO.

Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

PESO VOLUMETRICO VARILLADO.

Este valor se utilizara para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que estan sujetos a acomodamiento o asentamiento por el transito sobre ellos, o por la acción del tiempo.

El valor "Peso Volumétrico", en ambos casos, se deberá obtener con agregados saturados y superficialmente secos.

DETERMINACION DE PESOS VOLUMETRICOS DE LA ARENA.

Peso Volumétrico Suelto. (PVS)

Se usa un depósito cúbico ya sea de madera o de lámina gruesa que no sea deformable, cuya capacidad debe conocerse con bastante aproximación, la medida mas usual es de 2.83 Lts. (0.10 pies cúbicos) o de 14 Lts. En este depósito, de peso conocido (tara) se vierte la arena dejandola caer con un deslizamiento continuo desde una altura de mas o menos 50 cm del borde de la medida, hasta que el material colocado forme un cono natural,

cuyos taludes lleguen arriba de la junta entre la extensión y la medida misma. La medida no debera moverse durante la operación.

Terminado el llenado anterior, se quita la extensión. A continuación se recorre el enrasador sobre los bordes de la medida, tamntas veces como sea necesario, para obtener una superficie precisamente plana, procurando no originar movimientos o vibraciones durante la operación. Se pesa la medida con su contenido de arena, y se anota el peso obtenido.

Peso Volumétrico Varillado.

En este caso, la única diferencia con el método anterior, consiste en que el llenado de la medida se hace colocando el material en tres capas, varillando cada una de ellas con 25 golpes consecutivos teniendo cuidado de no hacer penetrar la varilla mas del espesor de la capa que se este trabajando, la operación de enrase y pesado para este caso, son iguales a las descritas en el procedimiento anterior.

$$\text{Peso Volumétrico} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Tara}}{\text{Volumen}}$$

3.2.6 PERDIDA POR LAVADO.

Esta prueba de lavado de la arena se hace para conocer la cantidad de limo o arcilla que contiene y que bien puede influir en aumentar la cohesión del concreto (limos orgánicos) o aumentar las contracciones del concreto y en disminuir su resistencia.

Se toma una muestra de arena totalmente seca con un peso de 300 a 600 gr, se coloca en la malla No. 200 y se empieza a lavar hasta que el agua corriente despues de pasar por la malla salga completamente limpia. Se recoge la arena lavada y se vuelve a secar en la hornilla, cuidando siempre que no se quemem las particulas orgánicas que pueda contener. Una vez que se haya secado la arena se vuelve a pesar y la diferencia con el peso original nos da el peso de la arcilla o polvo contenido en la arena y se expresa en % con relación al peso original. En nuestro caso, la muestra fue de 300 gr.

$$\text{Perdida por Lavado} = \frac{300 - 293.02}{300} \times 100 = 2.33 \%$$

Según las especificaciones que se estan empleando, las arenas aceptadas deberán tener una pérdida menor al 5% (a veces en casos especiales Se han aceptado arenas con un contenido de finos hasta de 15% o mas, cuando su origen es inorgánico.).

3.2.7 PRUEBA DE COLORIMETRIA.

Se utiliza para reconocer la presencia de materia orgánica en la arena en cantidad superior a la aceptable.

La materia orgánica es una de las impurezas de la arena, por lo tanto, se deberá conocer su contenido. La determinación aproximada del contenido de este tipo de materiales esta basado

en la siguiente prueba de colorimetría.

Se toma una muestra representativa de la arena que se va a usar, que pese alrededor de 500 gr. Se seca la arena a una temperatura que no exeda de 110 °C, cuando se hace el secado usando una parrilla eléctrica, es necesario remover constantemente el material mientras esta sujeto a la acción del calor. Lo anterior se realiza con el fin de que la materia orgánica que contiene dicha muestra no se quemé con el cambio de temperatura lo que traería consigo que la respuesta de esta prueba no fuera lo real que debería de ser.

Enseguida se coloca dentro de una probeta o en su defecto en un frasco graduado, hasta la marca de 125 ml. la arena seca y fría con la cual se va a ensayar. Se le añade una solución de sosa cáustica al 3% (un litro de agua con 30 gr de sosa) hasta que el volumen de la arena y el líquido, agitados vigorosamente, lleguen a la marca de 200 ml, se tapa la probeta y se deja reposar durante 24 hrs., transcurrido el tiempo se compara por transparencia el color del líquido que se encuentra sobre la arena con un vidrio de color normal o con los colores de la (A.S.T.M.).

Si el color del líquido arriba de la arena, es más claro que el del vidrio de color normal, indica que el contenido de materia orgánica es inferior al límite fijado; por lo tanto la arena es aceptable. Si por el contrario el color del líquido es

mas oscuro que el vidrio de color normal, el contenido de materia orgánica es superior al limite aceptable, por lo tanto la arena deberá ser estudiada más detenidamente. En este caso conviene lavar la arena y hacer nuevamente la prueba de colorimetria. Si con esto se obtiene un color mas claro que en la primera prueba e inferior al limite, esto indicará que si existia materia orgánica, la arena podra ser utilizada en su caso, para elaboración de concretos previo lavado. En cambio si se obtiene nuevamente el mismo color oscuro superior al limite a pesar de sucesivos y enérgicos lavados, esto indica que posiblemente dicho color no sea motivado por la presencia de materia orgánica, sino por pequeños contenidos de de carbón mineral, minerales de fierro o manganeso; los cuales no son perjudiciales para el concreto, en cuyo caso la arena podra ser usada sin previo lavado.

En caso de no contar con el vidrio de color normal para efectos de comparación éste podra hacerse utilizando una solución tipo cuya preparación se hace como a continuación se indica:

- 1.- Se hace una solución de ácido tánico en alcohol; se toman 10 ml de alcohol de 96 , y se disuelven en ellos 2 gr de ácido tánico en polvo; en seguida se anaden 90 ml de agua destilada.
- 2.- Separadamente se prepara una solución de hidróxido de sodio; se pesan 30 g de hidróxido de sodio (NaOH), o sea

sosa cáustica, y se disuelven en agua destilada hasta completar un litro de solución.

3.- Se toman 97.5 ml de la solución de hidróxido de sodio y se le agregan 2.5 ml de la solución de ácido tánico.

4.- Esta mezcla de soluciones se coloca en una botella igual a las usadas en la prueba (bíberon), se agita vigorosamente y se deja reposar durante 24 hrs.

El color de esta solución no es permanente; deberá por lo tanto prepararse para cada prueba. Para evitar la frecuente preparación de la solución anterior, se buscara un vidrio que por transparencia de un color completamente igual al de la solución descrita, para ser usado en lo sucesivo como vidrio de color normal.

También se puede preparar una solución de color normal permanente, disolviendo 9 g de cloruro férrico químicamente puro ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) y 1 g de cloruro de cobalto químicamente puro ($CoCl$) con anticipación 7 gotas de ácido clorhídrico (HCl).

Se coloca esta solución en una botella de vidrio incolora y se tapa herméticamente; el color se conservara indefinidamente.

3.3 GRAVA.

3.3.1 GRANULOMETRIA.

Para la determinación, de la granulometria de la grava se procede en la misma forma que con las arenas, solo que se criba en otros tamices, y el registro tiene la forma siguiente:

TABLA No. 2

Grava No.	Malla	Peso retenido en cada tamiz	% retenido en cada	porcentajes ret. acum. acumulados
4	3"	-----	-----	-----
3	1 1/2"	1.10	0.60	0.60
2	3/4"	79.45	43.85	44.45
1b	3/8"	60.50	33.40	77.85
1a	No. 4	40.15	22.15	100.0
Sumas =		181.20	100.00	222.90

Para el análisis granulométrico de la grava se utiliza una muestra con un peso total no menor de 25 kg, obtenida por cuarteo. La muestra se cernirá en los tamices especificados, separando en charolas los retenidos correspondientes. Se deberá tener cuidado de que no queden partículas aprisionadas entre los alambres que forman las mallas. Una vez separado el material, se procederá a pesar cada porción en charolas taradas.

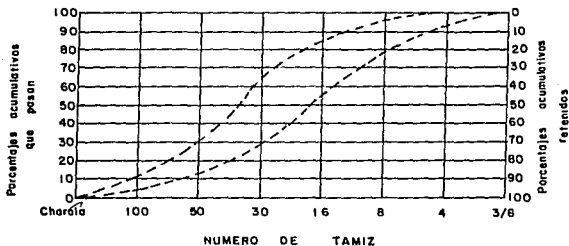
Dentro de los factores que intervienen en la elaboración de un concreto económico que proporcione la resistencia y manejabilidad requeridas, figura el granulométrico, o sea que el material inerte debe estar integrado por un buen número de huecos o vacíos, que será llenado por la lechada de cemento. Existen especificaciones basadas en ensayos, que fijan límites aproximados de los porcentos en peso que de cada tamaño de partículas debe hacerse intervenir en la mezcla para tener una granulometría

aceptable o deseable.

En el caso de la arena estos valores limites se dan en el cuadro siguiente y tambien pueden expresarse graficamente.

No. de tamiz	%s retenidos acumulados
4	0 a 5
8	5 a 25
16	15 a 45
30	38 a 70
50	73 a 85
100	93 a 97

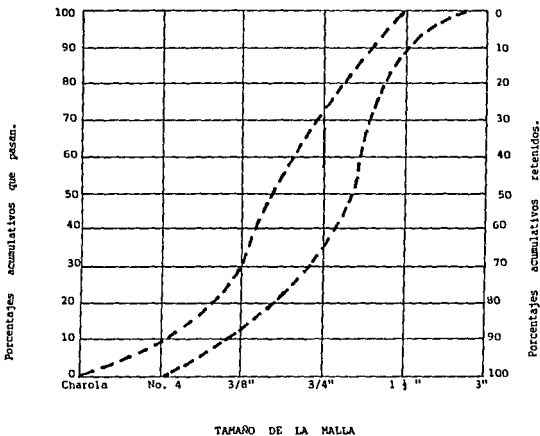
Límites granulométricos de la arena.



Límites gráficos - Granulometría de la arena.

En el caso de la grava de 1 1/2" los valores limites deseables se citan a continuación:

Malla	% retenido
1 1/2"	0 a 5
3/4"	30 a 65
3/8"	70 a 90
No. 4	95 a 100



Limites granulometricos para grafica de 1 1/2"

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los valores límites de granulometría para diferentes tamaños máximos de gravas.

Tamaño	Porcentos retenidos acumulativos							No. 4
	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	
2"-No. 4	0	0-5	---	30-65	---	70-90	---	95-100
1 1/2"-No.4		0	0 - 5	---	30-65	---	70-90	95-100
1"-No.4			0	0-10	---	40-75	---	90-100
3/4"-No.4				0	0-10	---	45-80	90-100
1/2"-No.4					0	0-10	---	85-100

3.3.2 ABSORCION.

El valor de la absorción de la grava se determina con una muestra de grava que pese un kilogramo o un poco más, la cual se pone a saturar en el agua durante 24 horas, después de los cuales se le quita el agua superficial con un trozo de franela seca, hasta que la grava presente un aspecto opaco que indica que no existe película de agua superficial. Se seca en la parrilla, tantas veces como sean necesarias hasta obtener un peso constante. Las pesadas deben hacerse cuando el material se encuentre frío. Ya seca y fría se vuelve a pesar para conocer la diferencia en peso (Agua de absorción) que se reporta como un % del peso seco, y se expresa de la forma siguiente:

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

B = peso de la muestra saturada (peso superficialmente seco)

A = peso de la muestra seca (peso constante)

En un banco de grava la absorción puede variar con el tamaño de la grava. Se recomienda determinarla para los diferentes tamaños de gravas que se vayan a emplear.

Para nuestro ejemplo se tiene:

$$\% \text{ de absorción} = \frac{646.17 - 635.08}{635.08} \times 100 = 1.75 \%$$

3.3.3 DENSIDAD.

La densidad de la grava se puede determinar antes de la absorción para después poner a secar el material; se obtiene con el peso de una muestra saturada y superficialmente seca y con el volumen que ella desaloja; para medir este volumen se puede usar ya sea un picnómetro o una probeta graduada de un litro.

En la probeta graduada se deposita agua suficiente para que quede totalmente sumergida la muestra de grava por ensayar y se anota la lectura inicial que indica el nivel de la superficie libre del agua. Al introducir la grava, debiera hacerse con sumo cuidado, no dejandola caer bruscamente ya que puede romperse la probeta o hacer saltar el agua hacia afuera y afectar de error la

observación.

Se toma la lectura correspondiente al nuevo nivel de agua y por diferencia con la primera lectura se obtiene el volumen de la grava.

El picnómetro es un depósito provisto de un vertedor; se utiliza lleno de agua y al colocarse la grava se derrama una cantidad igual a su volumen, el cual es medido directamente en una probeta, cuyo tamaño depende de la muestra ensayada.

La expresión queda de la forma siguiente:

$$\text{Densidad} = \frac{A}{B}$$

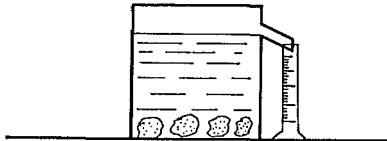
Donde:

A = peso del material usado en la probeta

B = volumen total de agua desalojada, expresada en kg
(1 lt = 1 kg)

Para nuestro ejemplo se tiene:

$$\text{Densidad} = \frac{646.17}{240.0} = 2.69 \text{ gr/cm}^3$$



Dibujo esquemático de un picnómetro.

Es conveniente medir la densidad de las gravas en muestras representativas de los diferentes tamaños por emplear, ya que a veces se tienen grandes diferencias.

3.3.4 PESO VOLUMETRICO.

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y un volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba, la denominación, que se le da a cada una de ellas será "Peso volumétrico suelto" y "Peso volumetrico máximo" esta es también llamado el método por "cajoniza". La utilidad de uno y otro dependerá de las condiciones de manejo a que se sujeten los materiales en el trabajo.

Peso volumétrico suelto: Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

Peso volumétrico máximo (cajoniza): Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamiento o asentamientos provocados por el tránsito sobre ellos, o por la acción del tiempo.

El valor "Peso volumétrico", en ambos casos, se deberá obtener con materiales saturados y superficialmente secos.

Para la obtención del "peso volumétrico" suelto se sigue el

siguiente procedimiento, se vierte la grava en la medida, dejandola caer de una manera uniforme hasta llenarla totalmente. El enrase se hara con el enrazador, corriendolo sobre los bordes de la medida, y sacando todo el material que se oponga a su libre movimiento en caso de ser grava de diametro pequeno. Si la grava tiene mayor diámetro, el enrase se hara a mano tratando que el material no sobresalga de los bordes de la medida.

Los espacios vacios dejados en la operación de enrase, se llenan acomodando grava en ellos, manualmente, pero sin ejercer ninguna presión.

Se pesa la medida con su contenido de grava y se anota el peso obtenido.

Peso volumetrico máximo (cajoniza), medida directa.

En los métodos o procedimientos para proporcionar un concreto se parte del principio y utilizar una mezcla de agregados (grava y arena) que tenga el mayor peso por unidad de volumen, esto es, una mezcla que posea el menor volumen de espacios vacios o huecos integrales que seran llenados por lechada de cemento y agua. Se supone, lógicamente, que debe obtenerse el concreto mas económico por requerir la menor cantidad posible de cemento, que es el ingrediente de mayor costo en la elaboracion de un concreto.

Así pues, otros datos muy importantes para el diseño de una mezcla de concreto, son las cantidades en que los diferentes

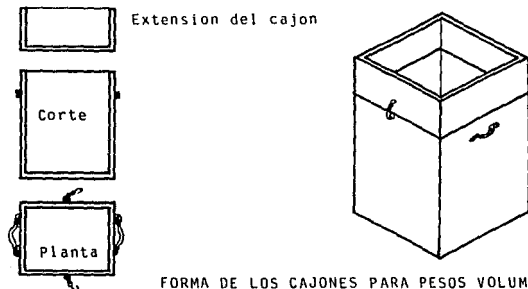
tamaños de agregados deben intervenir, esto es, la proporción en que deben entrar para obtener una mezcla de ellos con el máximo peso volumétrico.

Existen diversos procedimientos para obtener la razón óptima grava - arena, en este trabajo se describira el proceso empleado en la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos (SARH), que es uno de los mas usados practicamente. Para ello se debiera tener preparado bastante material clasificado para hacer las revolturas. El tamaño del molde en que se determinará el peso volumétrico, depende del tamaño máximo del agregado que se trate, los moldes que se usan son generalmente de madera y las dimensiones aproximadas de estos son las que se indican en la tabla siguiente:

Tamaño max.	Dim. del cajon (cm)	Adicion (cm)	Volumen aprox. (lts)
1 1/2"	24 x 24 x 24	10	13.8
3"	30.5x30.5x30.5	18.5	28.4
6"	45 x 45 x 45	25	91.2

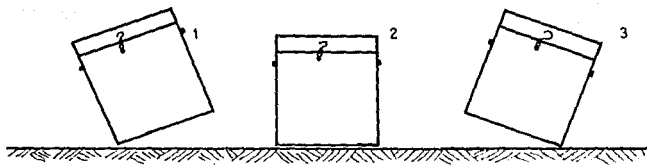
Procediendo con un cierto orden, se ensayan primero las gravas de tamaño 1a y 1b para conocer las cantidades de cada una que mezcladas dan el peso volumétrico máximo. A continuación se toma una cierta cantidad de esta mezcla proporcionada para ensayar con la grava número 2, con el mismo fin y procedimiento

así sucesivamente. Por último la revoltura de las distintas gravas en sus correspondientes porcentajes encontrados se ensaya en la arena para obtener, finalmente el proporcionamiento del material inerte. Es precisamente la relación grava - arena (G/a).



FORMA DE LOS CAJONES PARA PESOS VOLUMETRICOS

En nuestro caso se empieza obteniendo separadamente los pesos volumétricos máximos tanto de la grava la, como de la grava lb; para ello se toma el cajon de 13.8 lt de capacidad para llenarlo con dos capas de material, debiendo recibir diez golpes de compactación en el apoyo por cada capa de material que se va colocando. Para cada golpe el molde o cajon se inclina, levantando a diez centímetros aproximadamente, la orilla de la base, impulsandole despues a golpear contra el plano de apoyo, debiendo quedar distribuidos cinco golpes en cada uno de los lados opuestos del cajon.



SECUENCIA DE COMPACTACION

Al terminar la operación indicada, se quita la adición, se enrasa el molde sin presionar el material y se procede a pesarlo; al peso obtenido se le resta la tara para obtener el peso neto del material compactado, que dividido entre el volumen del molde dara el peso volumétrico.

Como se ve en los registros (Anexos 1, 2 y 3), las proporciones de los diferentes tamaños de grava que se mezclan se hacen variar de 20% a 5% de una a otra observación y como el volumen del molde es constante no es necesario calcular el peso volumétrico para saber cual sera el máximo; basta conocer el peso máximo y algunas observaciones más antes y despues del mismo para poder dibujar en una grafica la ley de variación.

En el anexo numero 1, se determinó el peso volumétrico máximo de las gravas 1a y 1b, se obtiene con una mezcla grava 1b /1a = 1.88, es decir con un 35% de la grava 1a y un 65% de la grava 1b.

En el anexo número 2, se observó que con 47.5% de grava número 1 y 52.5% de grava número 2 (relación grava 2 / grava 1 = 1.11) se obtiene el peso volumétrico máximo entre materiales.

En el anexo número 3, se concluyó que con un 55% de arena y un 45% de la mezcla de gravas 1 y 2, se obtiene el peso volumétrico óptimo de los agregados correspondiendo a una relación grava - arena igual a 0.82.

3.4 RESISTENCIA DE LOS AGREGADOS.

Los agregados forman aproximadamente el 70 a 80% de la masa de un concreto por lo tanto son los principales transmisores de los esfuerzos a que queda sujeta una estructura, por lo que es indispensable conocer su resistencia, independientemente del material cementante.

Este valor es de gran utilidad, ya que de él depende la aceptación definitiva o el rechazo de los materiales que se pretendan utilizar para la elaboración de un concreto, puesto que la resistencia que presenten siempre deberá ser, cuando menos, la misma que se haya especificado como resistencia a la ruptura del concreto que se desea obtener.

a).- RESISTENCIA DE LA ARENA.

Si mediante una inspección ocular se llega al conocimiento de que la constitución y clasificación petrográfica de una arena es similar a la de una grava con la cual se presenta revuelta, la

determinación de la resistencia de una arena puede suprimirse, debiéndose atribuirle la misma que presente la grava; pero cuando la arena proceda de un origen distinto, habra que hacer la determinación correspondiente en la forma siguiente:

Este procedimiento esta basado en la elaboración de dos morteros: uno con la arena que se estudia y otro con arena de Ottawa, que tenga un modulo de finura de 2.4 (+ - 0.10) y que presenten igualdad con la razon A/C (agua/cemento), fluidez y empleando el mismo cemento. Los morteros elaborados en las condiciones anteriores son moldeados y posteriormente sometidos a la prueba de compresión, cuando presenten edades de 3,7 y 28 dias, en la respuesta de que comparando las resistencias unitarias obtenidas, la muestra con arena en estudio no debiera causar un valor menor de 95%, de la que registre el mortero con la arena de Ottawa a cualquiera de las edades a prueba.

Se toman 600 gr de cemento y 2000 gr de arena de Ottawa cuyo modulo de finura sea de 2.4 (+ - 0.10) se mezclan con la cantidad de grava correspondiente para obtener una razon de a/c de 0.60 en peso o sea $600 \times 0.6 = 360$ ml de agua.

Se coloca el cemento en una olla de mezclado o en una bandeja y se vierte el agua en la misma, permitiendo que el cemento la absorba durante un minuto. Se adiciona la arena de Ottawa poco a poco y se mezcla hasta considerar que la consistencia del mortero tenga una fluidez del 100%, se continua

mezclando por medio minuto mas. Satisfecha la condición de fluidez en el mortero, se elaboran enseguida 6 cubos; para ello se acomoda el mortero en moldes, con una cuchara de albañil hasta llenar la mitad de su altura. Enseguida, se compacta dándole con la varilla 25 golpes repartidos en toda la superficie de cada molde.

Se llena la mitad restante y se vuelve a golpear con la varilla otras 25 veces, procurando que la varilla no penetre más del espesor de la última capa. Se enrasan los moldes y se dejan en el cuarto de curado.

A las 20 o 24 hrs de moldeados, se quitan los moldes y los cubos se sumergen en agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba, (3,7 o 28 días), dos para cada edad. A la edad fijada se determina su resistencia a la compresión.

Para la arena en estudio se toman 600 gr del mismo cemento que se uso para el mortero con arena de Ottawa, 2000 gr de arena en condición de saturada y superficialmente seca, y agua en la cantidad correspondiente para obtener también en este caso, una relación a/c de 0.60 en peso o sea $600 \times 0.60 = 360$ ml de agua.

El procedimiento a seguir es idéntico al anterior solamente que con la arena en estudio.

La determinación de la resistencia de las arenas, hecha en la forma que anteriormente se indica, presenta el defecto de que:

la resistencia del mortero, elaborado con la arena de prueba, puede definir de acuerdo con su textura, la cual mientras mas rugosa sea, mas favorecera los resultados; sin embargo, este método se indica como el conveniente cuando no es posible conseguir fragmentos de características petrográficas iguales, que tengan el suficiente tamaño para probar su resistencia directamente.

b).- RESISTENCIA DE LA GRAVA.

La resistencia de la grava se determina directamente en especímenes cúbicos, tomados de trozos lo suficientemente grandes y que representen la calidad petrográfica del material; cuando el material presente características petrográficas homogéneas, bastara obtener un minimo de tres piezas ; pero cuando se presenten diversas características petrográficas, habra que tomar muestras de las diversas clases para obtener de ellas los especímenes de prueba y posteriormente obtener la resistencia unitaria que corresponda al promedio del total de la muestra, de acuerdo con las distintas clasificaciones que se hayan hecho y porcentajes que presenten.

Para la realización de esta prueba se toman fragmentos del agregado, lo suficientemente grandes para obtener de ellos cubos con aristas no menores de 50 mm y que a la vez presenten las diversas clases petrográficas que se encuentran. Mediante una

sierra, se cortan los fragmentos antes citados para formar las piezas cúbicas. Se identifican estos cubos, se determina su sección en las caras que han de servir para la aplicación de las cargas, registrando estos valores. Las caras que van a recibir la carga deberán prepararse con azufre y se hace la prueba de compresión.

Determinaciones Especiales.

Como complemento al conocimiento total de los agregados con los que se ha de formar un concreto, se hace necesario conocer los aspectos siguientes: clasificación petrográfica del agregado y resistencia al intemperismo.

Las pruebas antes mencionadas deben considerarse como especiales, a continuación se hace una descripción somera, con la finalidad de formar un criterio general de las consecuencias de los resultados derivados de ellas.

1).- Clasificación Petrográfica.

Es de verdadera trascendencia, dadas las observaciones hechas en estructuras construídas hace 20 años o más, determinar los constituyentes mineralógicos de los agregados para concreto. La presencia de algunos minerales ha puesto de manifiesto la desintegración total o parcial del concreto a través del tiempo y esta desintegración ha sido originada especialmente por la

reacción entre tales constituyentes y los " álcalis " del cemento. De los materiales más nocivos, hasta ahora perfectamente reconocidos como tales, se pueden citar el Opalo, calcedonia, pedernal, especialmente en su variedad conocida como chart, tridimita, vidrios volcanicos acidos o intermedios y probablemente hidromicas y algunas Philitas. Cuando alguno de estos materiales esta presente en un agregado para concreto, el resultado que se espera es una reacción química perjudicial, que acaba por desintegrar el concreto. Naturalmente que la intensidad dependera de la cantidad de constituyentes nocivos presentes, pero siempre quedara la duda del efecto perjudicial que puede ejercer sobre él.

Por la razón anterior, siempre convendra hacer una observación de la clase y cantidad de estos constituyentes nocivos en los agregados de concreto, para ello la técnica moderna se vale del examen microscópico ayudado de las características físicas, tales como Textura, Brillo, Dureza, Densidad, Color, etc. y entre las químicas pueden citarse su comportamiento con los ácidos, con los álcalis, ensayos al soplete, etc.

Cuando el examen macroscópico no es suficiente, se hace necesario el examen petrográfico microscópico.

Debido a la forma en que se obtienen, puede apreciarse, en terminos generales, con cuanta facilidad en los agregados para concreto, como comunmente se usan, se presentan entre sus

constituyentes algunos materiales nocivos de los que pueden depender la durabilidad y estabilidad de los concretos.

De cualquier manera, cuando uno de estos materiales reactivos se encuentra presente, el efecto perjudicial puede prevenirse con tendencia a ser eliminado, por lo que se debera valorar y recurrir a los sistemas generales de prevención en estos casos.

Los análisis que se efectúan con el objeto de determinar el poder reactivo de los agregados son: por reducción de alcalinidad, con silice puesto en solución y medición de expansiones sucesivas a distintas edades, mediante barras de mortero almacenadas a temperatura constante y en recipiente cerrado.

2).- Prueba de Intemperismo Acelerado.

Esta prueba tiene por objeto conocer la resistencia al intemperismo que presenta un agregado y consiste en someter los diferentes tamaños de éste, a la acción alternada de inmersión en solución saturada de sulfato de sodio y secado.

La saturación de los agregados con solución de sulfato de sodio, origina la penetración de dicha solución en las porosidades o agrietamientos que pueda presentar el material en estudio, en donde ,por saturación cristalina aumentando de volumen y originando expansiones en el interior del agregado, el

cual si no es suficientemente resistente se rompe.

La presencia de una mayor o menor desintegración del agregado, acusada por el agrietamiento, ruptura y pérdida de peso para un tamaño dado, es la manifestación de la resistencia del material a la intemperie.

Los resultados obtenidos de esta prueba deben considerarse de menor importancia, cuando las estructuras de concreto están bajo la influencia de climas poco variables, no así cuando frecuentemente son bañados por aguas salinas.

CAPITULO IV

PROPORCIONAMIENTO

DE

CONCRETO NORMAL



C A P I T U L O I V

PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO NORMAL.

4.1 DATOS Y NOMENCLATURA.

Se ha obtenido una relación Grava-Arena (g/a) = 1.73 por el método directo de los pesos volumétricos máximos ("cajoniza"), relación que se considera "óptima" y que se hará intervenir como punto de partida en los dos siguientes procedimientos, para proporcionar mezclas de concreto.

El agregado grueso (Grava) que se empleara en la prueba sera con un tamaño máximo del agregado de 1 1/2" (38.1 mm), cemento Tolteca - Puzolanico con una densidad recomendada por el fabricante $d_c = 2.89$, una relación agua cemento (A/C) de 0.62 y un revenimiento máximo de 8 cm.

Se tratara de obtener un concreto que proporcione una resistencia a la compresión simple ($f'c$) igual a 260 Kg/cm² a los 28 días de elaborado (Edad), conservandolo en un medio humedo (Cuarto de Curado).

La nomenclatura que se usara es la siguiente:

A = Agua

A/C = Relación agua-cemento.

a = arena

g/a = Relación grava-arena.

c = Cemento

V = Volumen.

g = grava

V (a+g) = Volumen de la arena y la grava.

da = Densidad de la arena. f'c = Resistencia del concreto
a la compresión simple a
los 28 días de edad.

4.2 PROPORCIONAMIENTO BASE POR CANTIDAD DE CEMENTO.

En el primero de los procedimientos, basado en la experiencia de la persona que este a cargo de la prueba, se fija aproximadamente la cantidad de cemento requerida para un metro cúbico de concreto, y en la proporción deducida se efectúa un "concreto de prueba", en el cual se hacen los ajustes necesarios para alcanzar las características y resistencia deseadas.

Supongamos que para obtener una resistencia a la compresión de 200 Kg/cm² se necesitan 300 Kg de cemento por metro cúbico. En virtud de que se fija la relación agua-cemento, se puede conocer la cantidad de agua que debe emplearse. Si al volumen de un metro cúbico de concreto se le restan los volúmenes absolutos del cemento y del agua, quedará determinado el volumen de los agregados. En función de este volumen de agregados se calculará el peso de la arena, y con la relación grava-arena que ya se conoce, se determina el peso de los agregados gruesos.

Procediendo en la forma indicada se tiene:

$$\text{Vol. cemento} = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Densidad del cemento}} = \frac{300}{2.79} = 103.8 \text{ lts.}$$

y como A/C = 0.62 resulta que el peso o volumen del agua es:

$$A = 0.62 c = 0.62 \times 300 = 186 \text{ lts.}$$

$$\text{Vol. (cemento + agua)} = 103.8 + 186 = 289.8 \sim 290 \text{ lts.}$$

resultando que:

Vol. de agregados = 1000 - 290 = 710 lts/m³ de concreto.

El peso de la arena se obtiene con la formula siguiente:

$$a = \frac{V(a+g) d_a d_g}{d_g + d_a (g/a)}$$

Esto es:

$$\text{Peso de la arena (a)} = \frac{710 (2.17) (2.56)}{(2.56 + 2.17) (1.73)} = 625 \text{ Kg.}$$

Y como g/a = 1.73; el peso de la grava es g = 1.73 a

Por lo tanto el peso de la grava es:

$$g = 1.73 \times 625 \text{ Kg} = 1081 \text{ Kg.}$$

Así se tiene que:

$$\text{Volumen de la arena} = \frac{\text{Peso de la arena } 625}{\text{Densidad de la arena } 2.17} = 288 \text{ lts.}$$

$$\text{Volumen de la grava} = \frac{\text{Peso de la grava } 1081}{\text{Densidad de la grava } 2.56} = 422 \text{ lts.}$$

y finalmente, como comprobación de las operaciones, la suma de los volúmenes debe dar 1000 lts.

Cemento = 104 lts.

Agua = 186 lts.

Arena = 288 lts.

Grava = 422 lts.

Total = 1000 lts

Con los pesos de los materiales :

Cemento = 300 Kgs.

Arena = 625 Kgs.

Grava = 1081 Kgs.

Se obtiene el proporciónamiento dividiendo dichos pesos entre el peso del cemento:

Cemento	Arena	Grava
1	2.1	3.6

La proporción base será:

Cemento	Arena	Grava 1	Grava 2
1	2.1	2.16	1.43

Los porcentajes que intervienen en la grava son:

Grava 1 = 60 %

Grava 2 = 40 %

4.3 CORRECCIONES.

En el cálculo de una proporción base se considera que los agregados pétreos se encuentran en estado saturado y superficialmente secos. Así que para la preparación de un concreto de prueba, es necesario conocer la humedad de los materiales y su absorción. Como en el campo los agregados se pesan en estado húmedo en que se encuentran, se debe calcular el peso del agua que llevan y agregar un peso igual del mismo material, pero a la vez, esta cantidad de agua que ya contiene el material deberá restarse del agua calculada para conservar la

relación agua-cemento, que es el elemento que rige la resistencia del concreto.

En cuanto a la absorción, como las características de los agregados se han determinado en estado húmedo y superficialmente seco, se trata de cierta cantidad de agua que penetra en los materiales y que no interviene en la reacción del cemento, por lo tanto, esta cantidad de agua se deberá añadir a la anteriormente calculada, pero al mismo tiempo se deberá restar un peso igual del material que se trate. En el cuadro siguiente (Fig. IV-1) se indican las operaciones con sus respectivos signos.

Proporción Base	Cantidades Iniciales	Humedad		Absorción		Cantidades Corregidas
		%	Gramos	%	Gramos	
1	2	3	4 = 2x3	5	6 = 2x5	7 = 2+4-6
Cemento 1.0	9.150					9.150
Areña 2.1	19.220	2.0	0.384	5.06	-0.973	18.631
Grava 1a+1b 2.17	19.86	2.3	0.461	1.90	-0.377	19.949
Grava2 1.43	13.10	1.61	0.211	1.74	-0.228	13.083
Agua 0.62	5.67		-1.056		1.578	6.192

Fig. IV-1 Correcciones por humedad y absorción de los agregados.

En la columna (1) se registra la proporción base obtenida. En la columna (2) se anotan las cantidades de material que se requirieron para un cierto volumen de concreto de prueba. Estas cantidades corresponden a material en estado saturado y superficialmente seco, pero como los agregados disponibles no se encuentran en estas condiciones, se deben corregir por humedad y por absorción.

En la columna (3) se ha anotado la cantidad de humedad que tuvieron los agregados en el momento de hacer el concreto de prueba, mediante secado.

En la columna (4) se consigna la cantidad de humedad o agua que tiene el material pesado (2) según la proporción base. En la columna (5) se registran las capacidades de absorción de agua en los agregados, que fueron determinadas con anterioridad. En la columna (6) se anotan las cantidades de agua que necesitan los agregados (2) para quedar en la condición de saturados y superficialmente secos, siempre y cuando los agregados (2) estuviesen totalmente secos.

En la columna (7) se colocan las cantidades corregidas por humedad y absorción para conservar la proporción base.

La cantidad de concreto preparado era el necesario para elaborar tres cilindros de prueba y en virtud de que el aspecto de la mezcla acusaba estar muy seca se hicieron las siguientes adiciones de lechada conservando la relación agua-cemento.

Cemento = 2 Kg

Agua = 1.24 lts.

a/c = 0.62

y en estas condiciones se obtuvo un revenimiento de 7.5 cm.

CALCULO DEL CONSUMO DE CEMENTO. (MEZCLA FINAL)

En el cuadro de la figura IV-2 se indican las nuevas cantidades corregidas (2) que resultan de sumar el cemento y el agua a las consideradas inicialmente en la figura IV-1 y que se alteran por la adición de lechada; de ellas se obtuvo la correcta proporción en peso (3) dividiendo dichas cantidades entre el peso del cemento.

MATERIAL	CANTIDADES CORREGIDAS	PROPORCION EN PESO	DENSIDADES	VOLUMEN ABSOLUTO
	Kg	Kg	Kg/lit	lts.
1	2	3	4	5
Cemento	11.15	1.00	2.89	0.35
Arena	19.22	1.72	2.17	0.79
Grava	19.86	1.78	2.56	0.70
Agua	14.34	1.29	1.00	1.29
Volumen de concreto por cada Kilogramo de cemento = 3.13				

Fig. IV-2 Proporción final y cantidad de concreto por Kg de cemento.

Al dividir la proporción correcta entre las correspondientes densidades (4) de los materiales, se obtiene el volumen absoluto (5) requerido por un Kg de cemento, y sumando estos volúmenes se obtiene el volumen de concreto que se pueda elaborar con un Kg de cemento.

Para conocer la cantidad de cemento que se necesita para hacer un metro cúbico de concreto, se hace la siguiente proporción aritmética:

$$\frac{1 \text{ Kg de cemento}}{3.93 \text{ lt de concreto}} = \frac{X \text{ Kg de cemento}}{1000 \text{ lt de concreto}}$$

En donde: X es el consumo de cemento por m³ de concreto, y

resulta:

$$X = \frac{1000}{3.13} = 319.5 \text{ Kg} \quad 320 \text{ Kg}$$

Conprobación de las operaciones realizadas.

Partiendo de la cantidad de 320 Kg de cemento, que es el consumo por m³ de concreto, se calculan los volúmenes en litros, de todos los materiales integrantes del concreto y la suma debe ser igual a 1000. Así, tenemos que:

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{320}{2.89} = 110.7 \quad 111 \text{ lts.}$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.62 \times 320 = 198 \text{ lts.}$$

$$\text{Volumen (cemento + agua)} = 198 + 111 = 309 \text{ lts.}$$

$$\text{Volumen de arena y grava} = 1000 - 309 = 691 \text{ lts.}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de la arena (a)} &= \frac{V (a+g) d_a d_g}{d_g + d_a (g/a)} \\ &= \frac{691 \times 2.17 \times 2.56}{2.56 + 2.17 (1.73)} = 608 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Como $(g/a) = 1.73$ resulta que el peso de la grava $g=1.73a$, esto es:

$$\text{Peso de la grava (g)} = 1.73 (608) = 1052 \text{ Kg.}$$

$$\text{Volumen de la arena} = \frac{608}{2.17} = 280 \text{ lts.}$$

$$\text{Volumen de la grava} = \frac{1052}{2.56} = 411 \text{ lts.}$$

Y finalmente se tiene:

Cemento	Agua	Arena	Grava	
111	+	198	+	280 + 411 = 1000 lts.

Proporción detallada.

En el cuadro de la fig.IV-2 se obtuvo la siguiente proporción en peso:

Cemento	Arena	Grava	A/C
1	:	1.72	1.78 1.29

y como la distribución del agregado grueso se propone de 30% de la grava 1a, 30 % de la grava 1b y 40 % de grava 2, por lo tanto la proporción detallada quedara como sigue:

Cemento	Arena	Grava 1a	Grava 1b	Grava 2	A/c
1	: 1.72	: 0.53	: 0.53	: 0.71	: 1.29

Nota: con este proporcionamiento se hicieron 4 cilindros de prueba y los resultados de la prueba de compresión simple fueron los siguientes:

Cilindro	C-1	a los 7 días	-	144.1 Kg/cm ²
Cilindro	C-2	a los 14 días	-	211.1 Kg/cm ²
Cilindro	C-3	a los 28 días	-	214.0 Kg/cm ²
Cilindro	C-4	a los 28 días	-	215.0 Kg/cm ²

La resistencia del cilindro probado a los 7 días es aproximadamente igual a 2/3 de la resistencia del cilindro (s) probado (s) a los 28 días.

CORRECCION DEL REVENIMIENTO.

En el concreto de prueba del ejemplo desarrollado se notó resequedad en la revoltura y se hizo una adición de lechada, con lo que practicamente se aumento el revenimiento que indudablemente hubiera sido menor y aumentó tambien el consumo de cemento. Si nos ponemos en el caso en que el revenimiento hubiera sido mayor que el deseado, entonces, para disminuirlo se agregan materiales inertes, pero siempre conservando la relación grava-arena y usando la misma relación agua-cemento. La cantidad de arena y grava que se adiciona a las cantidades iniciales, en un

tanteo, es el correspondiente a un kilogramo de cemento segun la proporción base, como se ve en el segundo renglon del cuadro de la fig IV-3, sumando unicamente arena y gravas para obtener las cantidades corregidas, de donde se obtiene la nueva proporción base.

Concepto	c	a	Gr.1a	Gr.1b	Gr.2	Agua
Cant. iniciales	9.15	19.02	9.93	9.93	13.10	5.67
Proporción Base	1.0	2.1	1.09	1.09	1.43	0.62
Cant. Corregidas	9.15	20.32	11.83	11.83	14.53	6.32
Nva. proporción	1.00	2.22	1.30	1.30	1.59	0.70
Densidades	2.89	2.17	2.56	2.56	2.56	1.00
Vol.de materiales	0.35	1.02	0.51	0.51	0.62	0.70

Fig. IV-3 Corrección por adición de agregados.

Concepto	c	a	Gr.1a	Gr.1b	Gr.2	Agua
Cant. corregidas	9.15	18.63	9.97	9.97	13.08	6.19
Cant.por Kg de C	1.00	2.04	1.09	1.09	1.43	
Nuevas Cant. corregidas	9.15	20.67	11.06	11.06	14.51	6.19

De el cuadro de la fig. IV-3 donde se expresa la corrección por adición de agregados resulta que:

Volumen de concreto:

$$X \text{ Kg de c} = 0.35 + 1.02 + 0.51 + 0.51 + 0.62 + 0.70 = 3.71 \text{ lt}$$

(litros de concreto por Kg de cemento)

Luego, el consumo de cemento es:

$$= \frac{1000}{371} = 269.5 \quad 270 \text{ Kg/m}^3 \text{ de concreto.}$$

La nueva proporción base de concreto es la que otorga el laboratorio y las nuevas cantidades corregidas deberán ajustarse por humedad y absorción de los materiales como se hizo anteriormente. Puede procederse directamente con las cantidades corregidas (obtenidas anteriormente en la col. 7 fig. IV-1), que son los pesos de los materiales que entraran en la revolvedora para el concreto de prueba, de donde se deducen las cantidades de arena y gravas por Kg de cemento, ya corregidas por humedad y absorción, y que se suman a las cantidades corregidas para el ajuste del revenimiento.

OBSERVACIONES:

Se ha visto que al conservar la relación agua-cemento y hacer adiciones de lechada para aumentar el revenimiento, el consumo de cemento aumenta de 300 a 320 Kg y con ello se presenta el aumento en la resistencia del concreto.

Cuando se trata de disminuir el revenimiento agregando materiales inertes, se aprecia, que el consumo de cemento bajo de 300 a 270 Kg y con ello se presenta una disminución de la resistencia del concreto.

Si la resistencia del concreto de prueba resulta muy elevada, en estos casos se toma una relación agua-cemento mayor para bajar al mismo tiempo el consumo de cemento. Cuando se desea que no disminuya la resistencia se procura lograr originalmente un concreto seco para tener lugar a las adiciones de lechada.

4.4 EFECTOS DE LA HUMEDAD SUPERFICIAL.

Dada la importancia de la corrección a los materiales por humedad superficial, conviene insistir en el conocimiento de la influencia que tiene en la calidad del concreto.

Si la arena y la grava se emplearan siempre en estado de humedad saturadas y superficialmente secas, en la elaboración de concretos, se obtendría una mayor uniformidad en la resistencia. Se ha observado que cuando los agregados tienen algo de humedad superficial, el concreto correspondiente resulta con mayor resistencia en comparación con el concreto elaborado con materiales secos, en la misma proporción. Esto se debe a que cuando están secos los agregados se debe emplear una cantidad de agua adicional suficiente para compensar la absorción generada por el material, aparte de la que se requiere para cumplir con la

relación agua-cemento del proporcionamiento; pero como la absorción no se verifica instantaneamente, ya que se requiere de un tiempo mínimo de 24 hrs , y a veces hasta de 48 hrs, el fraguado del concreto se presenta en presencia de una cantidad de agua mayor, de acuerdo con el valor de la absorción, en un lapso aproximadamente de 5 hrs, quedando finalmente un concreto, con una relación agua-cemento mayor a la pretendida.

Segun lo anterior, es preferible fabricar los concretos con agregados que tengan compensada la absorción, o con algo de humedad superficial, por mínima que esta sea. Es necesario conocer la humedad superficial para poder calcular la cantidad de agua que ya contienen los materiales, para disminuirla del agua que se empleara en la elaboración de la lechada de cemento.

Todo lo anterior se hace dentro del control de calidad, cuando se trata rigurosamente de aplicar correctamente un mismo proporcionamiento de concreto, considerando la variación de la humedad de los materiales, para obtener la mayor uniformidad posible en la resistencia resultante en cualquier momento de la producción del concreto.

La determinación de la humedad se hace en el campo, y tanto en la arena como en la grava se procede de igual forma. Los laboratorios de campo deben obtener diariamente la humedad total del material tal como se encuentra en el banco y aplicar la diferencia con la absorción como corrección a la cantidad de agua

deducida de la proporción base.

Para la determinación de la humedad superficial en la arena, se toma una muestra de 500 gr de material, ya sea grava o arena en las condiciones del banco, procediendo a secarla totalmente en una hornilla o parrilla, sin dejar de remover constantemente el material. Después se vuelve a pesar para conocer la cantidad de agua perdida por la muestra, expresando la humedad en por ciento del peso seco. Así, el contenido de humedad en la muestra de material es:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso original} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

4.5 PROPORCIÓN BASE POR MEDIO DE VACIOS.

El segundo de los procedimientos para proporcionar un concreto, denominado "por vacíos", se apoya en la determinación del volumen de los huecos intergranulares en un metro cúbico de mezcla grava - arena con peso volumétrico máximo, volumen que debe ser rellenado con un volumen igual de lechada agua - cemento con una relación dada. Se trata de una variante del método anterior, pero con la misma relación grava - arena óptima.

Primero se determina la densidad de los agregados grava y arena para la proporción en que dan el peso volumétrico máximo (cajoniza). Con esta densidad (D.M.) y el peso volumétrico

máximo se obtiene el volumen "absoluto" de un metro cúbico de agregados gruesos. La diferencia entre el metro cúbico y ese volumen absoluto indica la cantidad de vacíos o la cantidad de lechada que debe emplearse por metro cúbico.

Con el volumen de la lechada, con las densidades de los agregados y con la relación agua - cemento, se llega a obtener el peso de cemento por metro cúbico de concreto.

Estamos suponiendo los siguientes datos: Relación g/a = 1.73, en la que interviene un 42 % de arena (%a) y un 58 % de grava (%g), resultante de la "cajoniza".

La arena y la grava mezcladas en la proporción citada dan un peso volumétrico máximo de 1854 kg/m³. Se conservan los datos del ejemplo anterior, en donde: Densidad de la arena (da) = 2.17 y densidad de la grava (dg) = 2.56.

Para obtener la densidad media de la mezcla de estos materiales se usa la siguiente fórmula, deducida según las reglas de aligación o de mezclas:

$$\text{Densidad media (D.M.)} = \frac{da (\%a) + dg (\%g)}{100}$$

En la que sustituyendo valores se tiene:

$$D.M. = \frac{2.17 (42) + 2.56 (58)}{100}$$

$$= 2.4$$

Luego:

$$\begin{aligned} \text{Vol. agregados por m}^3 &= \frac{\text{Peso volumétrico máximo.}}{\text{Densidad media (D.M.)}} = \frac{1854}{2.4} \\ &= 773.0 \text{ lt.} \end{aligned}$$

El volumen que falta para completar el metro cúbico es el de vacíos que será llenado con lechada de cemento, esto es:

$$\text{Volumen de lechada} = 1000 - 773 = 227 \text{ litros}$$

El volumen de cemento se determina con la expresión, que se cita a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Vol. cemento (Vc)} &= \frac{\text{Vol. lechada}}{1 + (A/c) dc} \\ Vc &= \frac{227}{1 + (0.62) (2.89)} \end{aligned}$$

$$Vc = 81.0 \text{ litros}$$

Con el peso del cemento por m³ = Vc x densidad del cemento, resulta:

$$\text{Consumo de cemento por m}^3 = 81 (2.89) = 234 \text{ Kg.}$$

Finalmente los pesos de los agregados por m³, son:

$$\text{Peso de la arena} = P.V. \times \%a = 1854 \times 0.42 = 778 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso de la grava} = P.V. \times \%g = 1854 \times 0.58 = 1075 \text{ Kg/m}^3$$

Para obtener la proporción se dividen los pesos de los materiales entre el peso del cemento:

Cemento	Arena	Grava
1	3.33	4.59

en que la grava se puede descomponer en las gravas menores empleadas.

Comprobación por volumen:

$$\text{Cemento} = \frac{234}{2.89} = 81 \text{ lts.}$$

$$\text{Arena} = \frac{7.78}{2.17} = 358 \text{ lts.}$$

$$\text{Grava} = \frac{1075}{256} = 420 \text{ lts.}$$

$$\text{Agua} = 234 (0.62) = 145 \text{ lts.}$$

$$1000 \text{ lts.}$$

4.6 RELACION AGUA-CEMENTO.

Por experiencia adquirida durante la realización de un sin fin de pruebas. Muchas personas a cargo de los laboratorios saben las relaciones agua-cemento que deben emplear para obtener la resistencia requerida en el concreto y que varía de acuerdo con la marca del cemento, aun cuando se trate de un mismo tipo.

Considerando la utilidad que representa para los procedimientos de proporcionamiento que se ven más frecuentemente

a continuacion se da una tabla, en la fig. IV-4, en la que se citan los diferentes valores que puede tener la relacion Agua-Cemento, para una misma resistencia, y se proporciona en la fig. IV-5 una relacion con las densidades medias de los diferentes cementos mas usados en algunos estados de la republica.

<i>f'c en Kg/cm²</i>	<i>Relacion A/c</i>
100	0.80 a 1.00
140	0.65 a 0.80
210	0.50 a 0.65

Fig. IV-4 Relaciones A/c y su resistencia.

<i>Marca de cemento</i>	<i>Tipo</i>	<i>Densidad</i>
Atoyac - Puebla	I	3.11
Maya - Yucatan	I	3.08
Victoria - Sinaloa	I	3.06
Tolteca - Hidalgo	I	3.12
Anahuac - Mexico	I	3.06
Mexicano - Monterrey	I	3.10
Pico de Orizaba - Ver.	I	3.14
Cuauhtemoc - Monterrey	II	3.10
Cruz Azul - Oaxaca	II	3.15
Del Bajío - Leon Gto.	II	3.16
Cruz Azul - Hidalgo	II	3.08
Cruz Azul - Oaxaca	II	3.12-3.18
Anahuac - Tamuin	II	3.16
Apasco - Hidalgo	II	3.16
El Gallo - Ensenada B.C.	Puzolanico	2.99
Mojonera - Guadalajara	Puzolanico	2.09-3.00
Centenario - Sinaloa	Puzolanico	2.87-2.91
La Campana - Hermosillo	Puzolanico	2.95
Moctezuma - Morelos	Puzolanico	3.14
Del Norte - Atlante N.L.	Escoria A.H.	2.94

Fig. IV-5 Densidades medias de algunos cementos.

4.7 PROPORCION BASE POR MEDIO DE GRAFICAS (ABRAHAMS).

Los métodos de proporcionamiento de concreto que implican el uso de gráficas, tablas y nomogramas, pueden ser meramente aproximados y pueden acusar un consumo de cemento más elevado. Solo se recomienda hacer uso de ellos para los casos en que el volumen de concreto para utilizarse sea pequeño o cuando no se disponga de elementos para hacer una determinación directa de la relación g/a, que es el punto inicial de los procedimientos de diseño de mezclas de concreto que se han visto. Con este antecedente se cita el siguiente ejemplo.

EJEMPLO.

Se pretende un concreto para resistencia a la compresión de 200 Kg/cm² usando agregado anguloso de tamaño máximo de 38 mm (1 1/2").

Datos complementarios:

Densidad arena (da) = 2.17 Densidad Grava (dg) = 2.56
 Absorción arena (%) = 5.06 Absorción Grava (%) = 1.82
 Módulo de finura = 3.30 Relación A/c = 0.62
 Cemento Tolteca Puzolanico tipo I.

En primer lugar se obtiene la relación Grava-Arena en volumen absoluto (g'/a') de la gráfica No.2 en función de la forma del material con que se dispone y el módulo de finura de la arena.

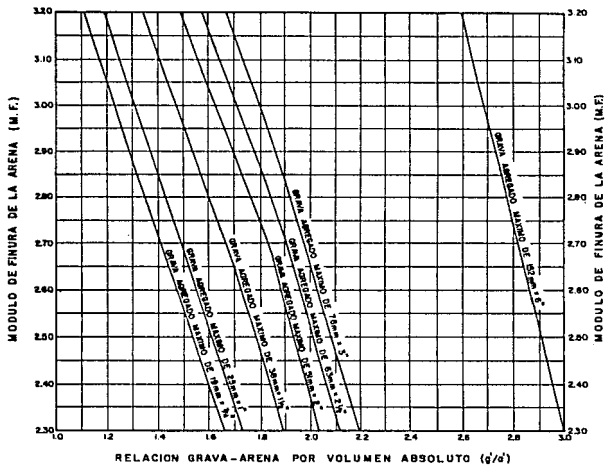
En nuestro caso tratandose de agregado anguloso, en la grafica No.2, para tamaño máximo de 1 1/2" y una finura igual a 3.3 se obtiene $g'/a' = 1.08$

En este caso no se usa la gráfica No.1, que se refiere a los agregados de forma redondeada.

Para conocer la cantidad de agua que se requiere para un metro cúbico de concreto, se usa la gráfica No. 3, a la cual ,se entra en el eje horizontal con la relacion $g'/a' = 1.08$ y de este punto se lleva una referencia hasta interceptar la línea característica de la forma de agregado y su tamaño máximo. Proyectando dicha intersección hacia el eje vertical se llega al valor de la cantidad de agua que se necesita para cada metro cúbico de concreto. Asi se obtuvo: $A = 194$ litros.

El nomograma de la gráfica No. 4 nos da a conocer el volumen absoluto de mezcla de arena y grava necesaria para cada kilogramo de cemento esto es $(a' + g')$, y al mismo tiempo el consumo de cemento en kilogramos por metro cúbico de concreto (c); se entra a la gráfica con las cantidades conocidas: $A/c = 0.62$ y $A = 194$ litros que unidas por una línea que al ser prolongada hacia la derecha corta los ejes respectivos en los valores que se buscan. En la gráfica No. 4 la línea de referencia nos indica los siguientes valores:

En el eje V : Volumen total de agregados (litros) por kilogramo de cemento $(a' + g') = 2.25$

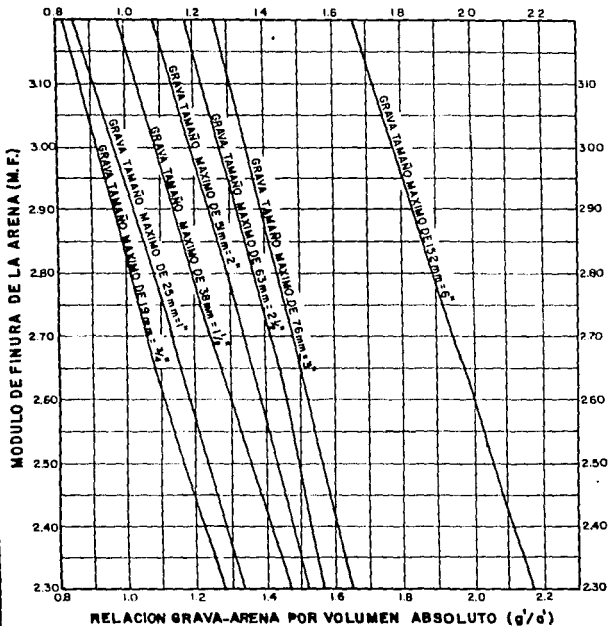


RELACION GRAVA-ARENA PARA AGREGADOS REDONDEADOS, EN FUNCION DEL
MODULO DE FINURA DE LA ARENA Y DEL TAMAÑO MAXIMO DE LA GRAVA

U. N. A. M.
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES
A. R. A. S. O. M.

PROPORCIONAMIENTO
DE CONCRETO
GRAFICA Nº 1

Dibujó: JOSE JUAN GARCIA P



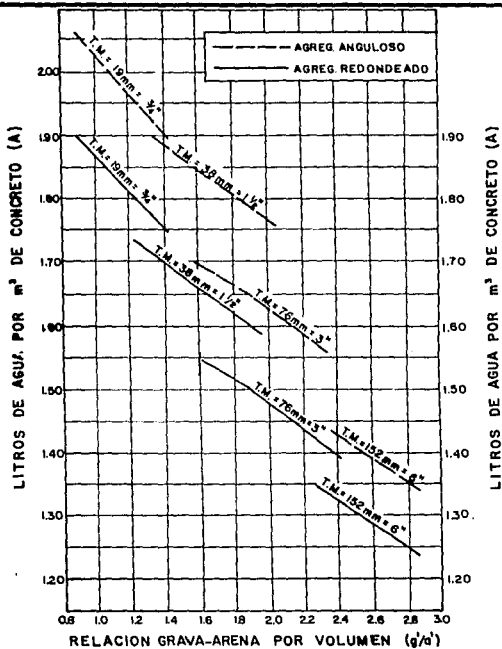
RELACION GRAVA-ARENA PARA
AGREGADOS DE FORMA ANGULO-
SA EN FUNCION DEL MODULO DE
FINURA DE LA ARENA Y DEL TA-
MAÑO MAXIMO DE LA GRAVA

U.N.A.M.
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES
ARAGON

PROPORCIONAMIENTO
DE CONCRETO

GRAFICA Nº 2

Dibujo:
JOSE JUAN GARCIA PEREA



CANTIDAD DE AGUA PARA UN m^3
DE CONCRETO DE ACUERDO CON LA RE-
LACION GRAVA-ARENA Y CON EL TA-
MAÑO MAXIMO DE LA GRAVA.

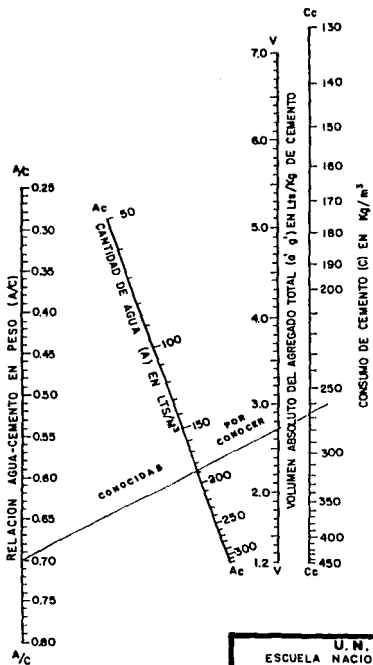
U. N. A. M.
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES
ARAGON

PROPORCIONAMIENTO
DE CONCRETO

GRAFICA Nº 3

DIBUJO:

JOSE JUAN GARCIA PEREA



CONSUMO DE CEMENTO (Kg/m³ de concreto) EN
 FUNCION DE LA RELACION AGUA-CEMENTO Y
 DE LA CANTIDAD DE AGUA POR m³ DE CONCRETO

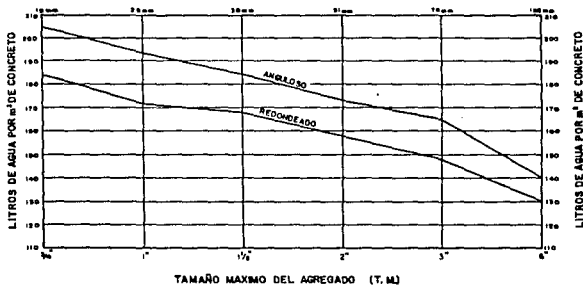
U. N. A. M.
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
 PROFESIONALES
ARAGON

**PROPORCIONAMIENTO
 DE CONCRETO**

NOMOGRAMA—GRAFICA Nº 4

Dibujo:
 JOSE JUAN GARCIA PEREA

CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA PARA DAR A UN m^3 DE CONCRETO UN REVENIMIENTO DE 7 cm, PREVIAMENTE SATISFECHOS LOS REQUERIMIENTOS DE LA RELACION g/m³ CORRESPONDIENTE A LOS VALORES INDICADOS PARA ARENAS CON M.F. DE 2.6 a 2.9



NOTAS: Si el revestimiento requerido es mayor o menor, la cantidad de agua de la gráfica aumentará o disminuirá en un 1.5 % por cada cm en que el revestimiento requerido difiera de 7cm. Ejemplo: si se desea un revestimiento de 10 cm y la gráfica indica 188 litros de agua se tiene: $10 - 7 = 3$; $3 \times 1.5\% = 4.5\%$ y el agua será: $188 \left(\frac{100 + 4.5}{100} \right) = 196$ litros por m³.

La cantidad de agua estimada disminuye cuando se emplea algún agente plastificante de aire. Por cada 1% de aire incluido (10 lbs/m³ de concreto) se reducirán 3 litros de agua (ejemplo: si el aire incluido es 3% el volumen de agua de la gráfica es 200 lbs, se le restará $3 \times 3 = 9$ lbs, quedando 191 litros).

U. N. A. M.
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES

PROPORCIONAMIENTO
DE CONCRETO
GRAFICA N.º 3

Dibujó: JOSE JUAN GARCIA PEREA

En el eje Cc; Consumo de cemento por metro cúbico de concreto (c) = 375 kg.

Con los valores de g'/a' y $a' = g'$ se establece un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, cuya solución nos indica los volúmenes separados de la arena (a') y de la grava (g'); a continuación se da la ecuación que da la solución para cada incógnita:

$$a' = \frac{a' + g'}{1 + g'/a'} = \frac{2.25}{1 + 1.08} = 1.08 \text{ lts/kg de cemento}$$

$$g' = \frac{(a'+g')g'/a'}{1 + g'/a'} = \frac{2.25(1.08)}{1 + 1.08} = 1.17 \text{ lts/kg cem.}$$

El peso de los materiales, grava y arena por cada kilogramo de cemento, se obtiene multiplicando su volumen por la densidad respectiva:

$$\text{Arena (a)} = a' da = 1.08 (2.17) = 2.34 \text{ kg/kg cem.}$$

$$\text{Grava (g)} = g' dg = 1.17 (2.56) = 2.99 \text{ kg/kg cem.}$$

Estos valores integran la proporción buscada:

cemento		arena		grava
1	:	2.34	:	2.99

Los porcentos de los diferentes tamaños de grava para una buena granulometria, segun el tamaño máximo del agregado (T.M.) pueden tomarse de la siguiente tabla, Fig IV-6, sacada de gráficas producto de un estudio realizado en el laboratorio de resistencia de materiales de la Subdireccion de Investigacion y Desarrollo Experimental (que forma parte de la SARN), hace algun tiempo.

T.M.\Grava	1a	1b	2	3	4
1 1/2"	18 %	41 %	41 %		
3 "	12 %	21 %	29 %	28 %	
6 "	6 %	16 %	17 %	26 %	35 %

Fig.IV-6 Porcentajes de gravas para una buena granulometria.

Segun esta tabla, en nuestro caso, el agregado grueso total (2.99) con T.M. de 1 1/2" se debe descomponer en: 18 % de grava No. 1a, 41 % de grava 1b y 41 % de grava No. 2 y multiplicando estos porcentos por el valor total de la grava, se obtienen las cantidades de los correspondientes tamaños diferentes de grava por cada kilogramo de cemento. Asi resulta:

Cemento	Arena	Grava 1a	Grava 1b	Grava 2
1	: 2.34	: 0.53	: 1.23	: 1.23

Después se hacen las correcciones para el concreto de prueba procediendo en la forma indicada para el procedimiento por peso de cemento.

Grafica No. 5.- Se trata de una gráfica que sirve para mostrar las variaciones de la cantidad de agua de acuerdo con el tamaño máximo del agregado grueso y para el caso que se tenga en la arena un módulo de finura de 2.60 a 2.90; su uso se explica en ejemplos contenidos al pie de la misma gráfica.

4.8 PROPORCIONAMIENTO DE CEMENTO CON TABLAS Y FORMULAS.

En el desarrollo de este ejemplo se usaran los mismos datos empleados en los proporcionamientos anteriores, con los cuales se diseñara la mezcla de un concreto de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, con agregado redondeado de $1 \frac{1}{2}''$ de tamaño máximo y para revenimiento de 10 cm usando cemento Tolteca Puzolanico tipo I.

Concepto	cemento (c)	arena (a)	grava (g)
Módulo de finura		3.3	
T.M. agregado grueso			1 1/2"
% de absorción		5.06	1.82
% de humedad		1.97	2.0
Densidad	2.89	2.17	2.56
Peso volumetrico (kg/m ³)	1514	1519	1368

Fig IV-7 Resumen de características de los agregados

La relacion agua-cemento se calcula con la formula de Abrams:

$$f'c = \frac{985}{Bx}$$

En donde:

$f'c$ = Resistencia del concreto a la compresión a los 28 dias de edad.

x = Relacion agua-cemento en peso = A/c .

B = Constante que depende de la calidad del tipo de cemento que se use. Los valores medios de B recomendados son los siguientes:

En el tipo I (normal) $B=17$

En el tipo II (modificado) $B=10$

En el tipo III (alta resistencia) $B=7$

En nuestro caso, el cemento tipo I se tiene $B=17$, luego:

$$f'c = 200 = \frac{985}{17x}$$

o sea que:

$$17 = \frac{x \cdot 985}{200} = 5$$

Tomando logaritmos se tiene:

$$X \log 17 = \log 5$$

en donde:

$$X = \frac{\log 5}{\log 17} = \frac{0.70}{1.23} = 0.60$$

Por tanto $A/c = 0.60$

En la tabla adjunta del anexo No. 4 en el renglon del tamaño máximo (T.M.) del agregado grueso (1 1/2"), se pueden obtener el volumen de arena en porciento del total de agregados y la cantidad de agua para cada metro cúbico de concreto, valores que deben corregirse de acuerdo con los conceptos indicados en el cuadro inferior de la tabla, por diferencias con las condiciones especificadas. En nuestro caso resulta un volumen de arena igual al 37 % del volumen total de agregados y una cantidad de 166 lts. de agua por metro cúbico de concreto.

C O R R E C C I O N E S		ARENA	AGUA
Valores de la tabla		37.0 %	166
Por $\frac{A}{c}$	$\frac{0.6 - 0.57}{0.05} = 0.6$	+ 0.6 %	---
Por M.F.	$\frac{2.75 - 3.30}{0.4} = -5.5$	- 0.55%	---
Por Revenimiento	$\frac{(4"-3")3(166)}{100} = 4.98 = 5.0$	5.0	5.0
S U M A S		32.1	171 lts/m ³

Fig. IV-8 Cálculo de las correcciones en el proporcionamiento con tablas y formulas.

En la Fig. IV-8 se presenta el cálculo de las correcciones segun el cuadro inferior del anexo No. 4, así como las cantidades corregidas resultantes.

Cálculo del consumo de cemento. - Habiendo obtenido en el cuadro de correcciones $A = 171$ lts. de agua/m³ de concreto con la relación agua-cemento de 0.60 deducida de la fórmula de Abrams al inicio de este método resulta:

$$A/c = 171/c = 0.60$$

Por lo tanto, la cantidad necesaria de cemento por metro cúbico de concreto es:

$$C = 171/0.6 = 285 \text{ kilogramos/m}^3 \text{ de concreto.}$$

Los volúmenes absolutos del cemento y de los agregados por cada metro cúbico de concreto se obtienen al considerarse la siguiente expresión:

$$\text{Volumen absoluto} = \text{Peso} / \text{Densidad}$$

Así que:

Volumen absoluto del agua.....171 litros
 Volumen absoluto del cemento = $285/2.89$ 98.6 litros
 Volumen de lechada.....269.6 litros
 Volumen de un metro cúbico.....1000.0 litros
 Volumen absoluto de agregados (1000 - 269.6)....730.4 litros

Volumen absoluto de la arena = $730.4(32.1\%)/100 = 234.5$ litros

volumen absoluto de la grava = $730.4 - 234.5 = 495.9$ litros

Para calcular el peso de los agregados por metro cúbico de concreto se usa la misma expresion anterior:

Peso = Volumen absoluto x densidad

Resultando:

Peso del cemento = ----- = 285 kg/m³

Peso de la arena = 234.5×2.17 ----- = 508.9 kg/m³

Peso de la grava = 495.9×2.56 ----- = 1269.5 kg/m³

Dividiendo las cantidades anteriores entre el peso del cemento (248) se obtienen los números que forman la proporción en peso:

Cemento	Arena	Grava	
1	:	1.79	:
		4.45	(por peso)

con relacion grava - arena de $4.45/1.79 = 2.49$ y A/c = 0.6

Para determinar la proporción en volumen se calculan los volúmenes aparentes del cemento y de los agregados, y los valores resultantes se dividen entre el volumen del cemento.

Así, de acuerdo a la expresión:

$$\text{Volumen aparente} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso volumétrico}}$$

Tenemos:

Volumen aparente del cemento = $245/151.4 = 0.188 \text{ m}^3 = 188 \text{ lt}$

Volumen aparente de la arena = $508.9/1519 = .335 \text{ m}^3 = 335 \text{ lt}$

Volumen aparente de la grava = $1269.5/1368 = .928 \text{ m}^3 = 928 \text{ lt}$

y dividiendo estos volúmenes aparentes entre el volumen aparente del cemento (188) llegamos a obtener la proporción del concreto por volumen:

$$\frac{188}{188} = 1 \quad ; \quad \frac{335}{188} = 1.78; \quad \frac{928}{188} = 4.94$$

O sea:

Cemento	Arena	Grava
1	: 1.78	: 4.94 (por vol.)

Por simplificación del ejemplo no se hacen correcciones a la cantidad de agua para los efectos de absorción y humedad; cuando se requiera precisión en la aplicación del proporcionamiento deberán tomarse en cuenta la humedad de los materiales en el momento de elaborarse el concreto, y como previamente se determinaron las absorciones de la grava y de la arena (Fig. IV-7), se harán las correcciones correspondientes a las:

cantidades (Peso de los agregados por metro cúbico de concreto) usando la expresión $\text{Peso} = \text{Volumen absoluto} \times \text{Densidad}$, en la forma siguiente:

	Arena		Grava
Absorción	5.06		1.82
Humedad.....	1.97		2.0
	-----		-----
	7.03%	+	3.82%
 Agua faltante por la arena =	 7.03	 x	 508.9

			100
			= 35.78kg
 Agua faltante por la grava =	 3.82	 x	 1269.5

			100
			= 48.5 kg
 Cantidad de agua calculada			 = 171 kg
Cantidad de agua corregida.....			= 255.28 kg

La corrección del agua puede ser positiva o negativa ya sea que la absorción sea mayor que la humedad o viceversa. En nuestro ejemplo, los materiales están secos y se requiere aumentar el agua para compensar la que sea absorbida por la arena y por la grava.

A veces se desean conocer las cantidades de material que se necesitan para cubrir el volumen de concreto en la obra; en este caso los datos del proporcionamiento se consignan en la forma

siguiente, dándose a continuación el resumen de cantidades en la Fig. IV - 9.

	Cemento	: Arena	: Grava	: A/c
Proporción en peso	1	1.79	4.45	0.6
Densidad	2.89	2.17	2.56	
Peso volumetrico	1514	1519	1368	

CEMENTO	ARENA	GRAVA	g/a	A/c	CONSUMO	DISBNO DE BRICLA
					kg/m3	
1	2.10	3.60	1.73	0.62	300.0	Por cantidad de cemento
1	1.72	1.70	1.73	0.62	319.5	Anterior corregido
1	3.33	4.59	1.73	0.62	234.0	Por vacios
1	2.34	2.99	1.00	0.62	375.0	Por graficas
1	1.79	4.95	2.49	0.60	285.0	Por tablas y formulas

Fig. IV - 9 Concentración final de datos.

4.9 COMPARACION DE METODOS DE PROPORCIONAMIENTO.

En el cuadro de la figura IV-10 se presentan los proporciones base obtenidos con los diferentes métodos aplicados, de cuya comparación se obtienen las siguientes observaciones:

MATERIAL	PROP.	CANT. PARA UN SACO		CANT. PARA UN m ³			CANTIDADES PARA 40 m ³
	EN	PREO kg	VOL. ABS. (PREO kg	PREO kg	VOL. ABS. (PREO/m ³		
CEMENTO	1.00	50.00	17.30	205.00	90.6	0.100	11.5 Ton
AGUA	0.60	30.00	30.00	171.00	171.0	0.171	6.84 m ³
ARENA	1.75	89.50	41.30	508.90	234.5	0.335	5 canchales
GRAVA	4.45	222.50	86.90	1269.50	495.9	0.920	13.5 canchales
SUMAS				2234.40	1000.0		

NOTA: La capacidad de canchales se supone de 3 m³ y se redondea el No. de canchales

Fig. IV - 10 Comparación de proporciónamiento base.

CAPITULO V

**INSPECCION
DEL
CONCRETO**

C A P I T U L O V

5.0 INSPECCION DEL CONCRETO.

La construcción requiere de esfuerzos combinados de diversos oficios y profesiones para poder conducir a un éxito común. Todas estas personas conforman un equipo donde cada uno de ellos, desempeña su papel, a fin de lograr los objetivos fijados. Una de estas actividades que juega una posición importante es la inspección de concretos.

Se puede definir a la inspección como la revisión de los trabajos realizados por el contratista y los empleados que tiene a su cargo, asegurandose que se hayan seguido las especificaciones de planos y reglamentos, así como también, las disposiciones apropiadas.

El objetivo de la inspección en terminos generales, es proporcionar al propietario y a las autoridades, la seguridad de la calidad de la construcción y ademas que se cumplan los requisitos de las especificaciones y códigos, que se empleen buenos procedimientos de construcción y que se obtenga un concreto de buena calidad.

La función de un inspector de concretos consiste en vigilar los preparativos y en sugerir las orientaciones necesarias para que las mezclas de concreto cumplan con la proporción de materiales especificada y tenga el aspecto de homogeneidad, trabajabilidad, plasticidad, etc. igual al observado en el labo-

ratorio, aspecto que debe conservarse desde su fabricación hasta el momento de su colocación.

Para conseguir que el concreto fabricado en el campo tenga la manejabilidad deseada y proporcione la resistencia alcanzada en su estudio, es necesario que se proceda en la forma más semejante posible, a la conducida en el laboratorio para, para la preparación de la mezcla.

Para que el inspector tenga un pleno conocimiento de la actividad que va a desempeñar es necesario que consulte a fuentes de información, existen cuatro fuentes principales autorizadas para orientarlo:

- a).- Debe guiarse por lo que esta escrito en las especificaciones y por lo que se indique de los planos aprobados. El objetivo de las especificaciones y los planos es revelar el tipo de estructura requerida por el propietario y los materiales que deben emplearse.
- b).- Debe guiarse por el código, leyes y normas de la dependencia que tenga jurisdicción sobre el area en la que se localiza el proyecto.
- c).- Debe guiarse por buenos procedimientos de construcción, los cuales se aprenden con la experiencia, por la observación y por los hechos.
- d).- Debe orientarse por los manuales e instrucciones que le proporcione su empleador. Tales instrucciones sirven a

modo de guía y asistencia para poder cumplir con los tres primeros principios.

Ya con la obra en construcción se deberán atender las siguientes condiciones al respecto:

5.1 DISPOSITIVOS DE PESO.

Los proporcionamientos de concreto, en general están dados en peso, por lo anterior deben disponerse básculas para determinar el peso de todos los materiales que intervienen para su elaboración.

5.2 ESTADO DE LA ARENA.

Este material no deberá contener materia orgánica, ni finos arcillosos, en porcentajes mayores al observado en las muestras estudiadas en el laboratorio. Eventualmente se harán pruebas de "Lavado" y de "Colorimetría" en la arena almacenada, que se usará en la elaboración de los concretos a utilizarse.

5.3 AGREGADOS CLASIFICADOS.

Los agregados (Arenas y Gravas) deben clasificarse correctamente. No se permitirán contaminaciones mayores de un 10% de tamaños diferentes en cada agregado.

El objeto principal de la clasificación de los agregados es la subdivisión en el número de tamaños que se haya previsto el

lavado de los materiales, para eliminar sus impurezas y la relación que guardan entre sí en volumen o en peso cada uno de los tamaños obtenidos para lograr una calidad uniforme de los materiales ya clasificados. Frecuentemente ocurre que las especificaciones de la calidad en lo que respecta a clasificación o subdivisión en determinado número de tamaños y cantidades de contaminación que pueden aceptarse de unos tamaños en otros, no corresponden precisamente a lo previsto; estas dificultades pueden ocurrir porque se hayan dado especificaciones sumamente rígidas o por que la clasificación y lavado esté completamente en desacuerdo con las necesidades o especificaciones que se impusieron. Como lo que se persigue al efectuar una clasificación de los materiales es la subdivisión y la limpieza de los agregados que comple esencialmente con los requisitos de uniformidad, muchas veces pueden pasarse por alto las especificaciones ciento por ciento rígidas y en tales casos hacerlas más amplias, siempre y cuando las contaminaciones o impurezas no sean excesivas y se obtengan de una manera uniforme, ya que como antes se indica, lo esencial es obtener materiales verdaderamente uniformes.

Independientemente de la calidad que resulte de la clasificación y lavado que se da a los agregados, deberán conocerse los volúmenes equivalentes de cada tamaño que corresponden a un volumen de agregados sin clasificar; deberá conocerse la producción media por hora y también el volumen o peso de cada uno de los

materiales obtenidos y ya colocados en el sitio de almacenamiento previamente fijado.

5.4 CORRECCION A LOS AGREGADOS.

Los proporcionamientos de concretos indican cantidades de agregados en estado saturado y superficialmente secos, en virtud de que los materiales en banco no se encuentran en esta condición es necesario aplicar correcciones en cada caso.

Debe evitarse el uso de agregados secos; se aconseja humedecerlos previamente.

5.5 ESTADO DEL CEMENTO.

En los preparativos de la elaboración de concretos en estructuras importantes, debeta comprobarse previamente el peso exacto de los sacos de cemento y que su contenido esté exento de hidrataciones parciales lo que se manifiesta por la presencia de "Grumos".

5.6 REVISION DE EQUIPOS.

Tambien debe revisarse el estado o condiciones del equipo; probar si presentan fugas de agua en la "olla" o "tambor" de la revolvedora si sus aspas no estan muy gastadas; observar el arreglo o dispositivo para la dosificación de agua; revisar que las básculas esten bien calibradas, etc., para evitar interrupciones

en la producción del concreto.

5.7 PREVISION DE INTERRUPCIONES.

De acuerdo con el volumen del "colado" programado, se deberán tener preparados, en lugares convenientes, los volúmenes de cemento, arena y gravas además del agua necesarios. Tomar en cuenta el rendimiento probable de trabajo, para determinar la terminación del colado en un periodo de tiempo razonable y evitar su interrupción por falta de iluminación o cansancio de los trabajadores.

5.8 REVISION DE SITIOS DE COLADO.

Previamente a la elaboración del concreto deben revisarse los moldes para garantizar que están alineados, bien troquelados, fijados firmemente, limpios, tratados con aceite, etc., y con garantía de que no se fugará la lechada o el mortero del concreto. Las superficies y las excavaciones que recibirán el concreto deberán estar libres de agua estancada, de polvo, de basuras o de cualquier cuerpo extraño.

Para poder iniciar la elaboración del concreto deberá recabarse la aprobación de la residencia de la obra, quien deberá haber verificado que no hay error, ni defectos, en las dimensiones, en las cantidades del acero de refuerzo, etc.

5.9 INTRODUCCION DE LOS MATERIALES.

Quando los ingredientes del concreto no pueden ser cargados simultaneamente en la revolvedora, se tendra un mejor mezclado si los materiales se introducen con el siguiente orden: agua, gravas cemento y arena.

5.10 TIEMPO DE MEZCLADO.

Los tiempos de operación o tiempos de mezclado, difieren segun la capacidad de la mezcladora.

CAPACIDAD DE LA MEZCLADORA	TIEMPO DE MEZCLADO
1.5 m ³ o menos	1 1/2 minutos
2.39 m ³	2 minutos
3.0 m ³	2 1/2 minutos

En general estos tiempos son suficientes para obtener en las distintas capacidades de mezcladoras, revolturas uniformes, requisito indispensable que indica el buén o mal funcionamiento de una mezcladora. La comprobación de lo anterior se puede hacer tomando de una sola revoltura muestras que correspondan al principio, medio y fin de la descarga en las cuales se observa el revenimiento, siguiendo los lineamientos correspondientes y deben obtenerse para las tres observaciones diferencias no mayores de 1cm entre la mayor y la menor observación; el caso contrario significa que el tiempo de mezclado no es suficiente o que el dispositi-

vo de *aspas* volteadoras del interior de la olla no es suficiente.

El tiempo de mezclado se inicia en el momento en que todos los ingredientes del concreto se encuentran ya dentro de la mezcladora y durante este tiempo no deben observarse derramamientos de material fuera de la mezcladora; en casos como éste debe comprobarse la posición de la olla a nivel y si esto no es solución disminuir el volumen de revoltura hasta que no se observen desperdicios.

Como ya se menciona el tiempo de mezclado no debe ser menor de 1 1/2 minutos excepto cuando este comprobado que en el cemento se presente "Fraguado falso". En este caso se debe determinar el tiempo mínimo de mezclado necesario para romper el fraguado falso y puede ser entre 4 a 7 minutos.

El fraguado falso que se presenta en algunos concretos se debe al contenido de yeso deshidratado, que al entrar en contacto con el agua empieza a fraguar rápidamente, provocando un endurecimiento anormal de la masa de concreto restandole trabajabilidad disminuyendo el revenimiento dificultando la descarga, colocación y vibrado del concreto.

El tiempo de mezclado en el caso de agregados ligeros, también se acostumbra tomarlo por arriba de 5 minutos.

La velocidad de rotación no debe ser excesiva porque puede imprimir a los materiales la tendencia a permanecer pegados a las

paredes del tambor por efecto de la fuerza centrífuga.

5.11 CONDUCCION DE LA MEZCLA.

El medio más elemental para llevar la mezcla de concreto desde la revolvedora hasta el sitio de su colocación, en distancias relativamente pequeñas, es a base de "Canalones" y "Tolvas" la mezcla se mueve por gravedad y normalmente debe ser fluida.

Cuando la mezcladora se encuentra a un nivel cercano al del "Colado" el transporte del concreto puede hacerse en carros o carretillas. En algunas ocasiones tendrá que prepararse una Tarima o "Artesa" para descarga del concreto, desde donde se llevará con pala de mano al medio de transporte o a su lugar de aplicación.

Para evitar que se presente "Segregación" o "Separación" de gravas y mortero en las mezclas de concreto durante el transporte por canalones y en su descarga a los lugares de aplicación, deberá cuidarse que el concreto, no se mueva a altas velocidades, ni quede sujeto a movimientos laterales bruscos o cambios de dirección, ni dejarlo caer de alturas libres mayores de un metro y se colocaran dispositivos en la descarga para que la masa de concreto siempre caiga verticalmente.

5.12 COLOCACION DEL CONCRETO.

La colocación del concreto en el cuerpo por colar, debe

hacerse a partir de los lugares más alejados de la revolvedora, o empezar por los sitios o puntos más bajos, llevando el avance según capas senciblemente horizontales. Debe procurarse la colocación del concreto en lugares donde no requiere moverse ni desplazarse o moverse con pala, ya que una operación de ésta naturaleza mueve el concreto a un mayor costo y los materiales se pueden segregar.

5.13 COMPACTACION DE LA MEZCLA.

El equipo utilizado es el que comunmente se le llama "Vibrador", éste es un mecanismo cuyo objeto es facilitar el acomodo y compactación de la revoltura en las formas.

Las vibraciones originadas por éste aparato dentro de la mezcla provocan la expulsión de las burbujas de aire retenidas por el concreto al caer en los moldes, así como rellenar los huecos y las cavidades que pueda haber; en estas condiciones el concreto adquiere mayor densidad, y más uniformidad en el acomodamiento de sus partículas. Entre los vibradores más comunes están los de inmersión; las vibraciones que producen son debido a una fuerza motriz (motores de gasolina o eléctricos) o bien son de funcionamiento neumático. La alta velocidad de un excentrico encerrado en una funda metálica de cierre hermético y que constituye el cuerpo del vibrador, es el origen de las vibraciones producidas.

La operación de un vibrador para acomodar la mezcla no debe ser simplemente sumergirlo dentro de la masa de misma, es necesario guardar cierto orden de avance para tener la seguridad de hacer una compactación en toda la masa del concreto. La posición del vibrador tiene que ser vertical y la operación tiene que ser una serie de inmerciones y emercciones consecutivas, hasta que la mezcla quede uniformemente compactada.

La manifestación de que una revoltura ya está compactada es la presencia de la lechada en la superficie, pero sin provocar el hundimiento del agregado grueso. Los exesos de vibración, originan segregación haciendo que se decante el agregado grueso y aflore en capas gruesas el mortero o la lechada, esto no debe ocurrir porque constituye la formación de concretos con diversas características a la contracción y resistencia. Hay que tener presente y evitar para todos motivos el uso de los vibradores como acarreadores o transportadores de la mezcla, en el interior de las formas; hay que hacer hincapié en que el vibrador sirve para compactar la revoltura unicamente dentro del sitio en que ha caído y dentro de su radio de acción. El acarreo y distribución de la mezcla dentro de las formas mediante un vibrador trae como consecuencia la segregación automática de los materiales por el exeso de vibrado requerido en esta operación y por la posición horizontal o casi horizontal, que toma el vibrador al ser arrastrado para conseguir el efecto indicado. Para la compacta-

ción de losas con espesores relativamente delgados, máximos de 20 o 25 cm , los vibradores más efectivos y adecuados son los de regla la cual apoya sus extremos en las formas o reglas maestras, con ellas se obtiene una compactación suficiente en todo el espesor y dejan una superficie reglada y casi terminada, según sea el caso y las necesidades de acabado que se requieran.

Existe también el tipo de vibradores de forma; éstos se fijan exteriormente a ellas y se usan cuando se ha necesitado colocar mucho acero de refuerzo, en tal forma que no permiten el acceso a un vibrador de inmersión. Hay vibradores especiales con altísimas frecuencias, los cuales son muy eficientes para el acomodo de concretos en estructuras o partes de estructuras prefabricadas, en donde se requieren concretos de una consistencia nula, estos vibradores tienen la característica especial de que evitan la segregación del concreto, y dan vibraciones unidireccionales.

5.14 ACABADO SUPERFICIAL.

El concreto estructural tendrá un acabado con superficies aparentes, planas o curvas, de acuerdo con el cuidado que se exija en la troquelación y en la colocación de los moldes o cimbras, sean de madera o metálicas. Aparte de lo anterior, y por lo mismo, se exigirá que el material de los moldes se encuentre en buenas condiciones, para poder alcanzar la apariencia que se pretenda.

A las superficies planas no moldeadas se les dara un acabado con "llana", "plana" o "cuchara de albañil" de textura semejante al obtenido en las partes moldeadas.

En las superficies de concreto que vayan a quedar en contacto con arcilla (Relleno de oquedades en cimentación), no se permitira que queden rincones y rugosidades en donde no pueda penetrar la arcilla del nucleo impermeable (en cortinas donde las condiciones de humedad son requeridas por diseño). Se debe tener cuidado con el concreto empleado en estos casos, ya que pueden quedar superficies cargadas de grava sin mortero, ya sea por que no se usa vibrador o por que no se ha ejercido vigilancia, ni se ha exigido que se deje el acabado requerido.

Este mismo aspecto debe considerarse en la superficie de losas de concreto para liga de una cimentación rocosa y un cuerpo de mamposteria (losa de desplante). La superficie de estos concretos debe tener una textura tal que, al colocar el mortero en el arranque de la mamposteria, se observe claramente que la unión o contacto sea estático, es decir, que no se considere posible el paso de filtración de agua a través de ese contacto.

5.15 REVENIMIENTO.

Durante la fabricación del concreto, previamente a su colocación, se debe observar que la consistencia de la mezcla cumpla con la especificada en el laboratorio y medida a través de la prueba del "Revenimiento"; esta prueba debe efectuarse continua-

mente, al principio para checar la vista y conocer el revenimiento especificado por la movilidad, o por la consistencia de la mezcla de concreto dentro del tambor de la revoladora. Una vez alcanzada esta experiencia, la prueba del revenimiento se hará en cada caso de duda sobre su cumplimiento y en el momento de la elaboración de los cilindros de prueba.

Para determinar el revenimiento se utiliza un cono truncado hueco de lámina galvanizada de espesor correspondiente al No. 14 con diámetros extremos de 20 cm (8") y 10 cm (4") medida interiormente y altura de 30.5 cm (12"). Debe estar provisto de salientes para sujetarlo o moverlo durante la prueba.

Como accesorios complementarios se usan charolas, cucharón, una varilla de fierro redondo liso, con diámetro de 16 mm (5/8"), longitud de 60 cm y un extremo redondeado en forma de punta de bala, y una escala de 30 cm, graduada en cm o en mm.

Para efectuar la prueba del revenimiento, se procede en la forma siguiente :

a).- Se humedece interiormente el cono truncado y se coloca, con el diámetro mayor como base, sobre una superficie plana sensiblemente horizontal, previamente humedecida.

b).- Se toma una muestra de concreto con volumen entre 25 y 30 litros.

c).- El molde cónico se sujeta lateralmente con los pies para ser llenado en tres capas de igual volumen aproximadamente.

Sobre cada capa de concreto se dan 25 golpes distribuidos en la superficie introduciendo energicamente la varilla sin que penetre mas de 2.5 cm (1") en la capa anterior.

d).- Una vez llenado el molde, se enrasa con la varilla y se retira el concreto que haya caido en su derredor.

e).- Se suelta el molde para levantar verticalmente en forma continua, (sacandolo en 5 segundos aproximadamente), para que la mezcla de concreto sin apoyo lateral fluya "asentandose".

f).- Se coloca el molde invertido a un lado de la mezcla "revenida", debiendo quedar horizontales sus bases. Sobre la base mayor situada ahora en la parte de arriba, se apoya la varilla aprovechandola para trasladar la altura del cono (30.5 cm) sobre el concreto "revenido", y se mide el asentamiento o revenimiento. Si la superficie resultante de la mezcla es muy irregular, el revenimiento se medira en un punto promedio de la superficie.

5.16 PROTECCION DEL CONCRETO FRESCO.

En ambientes secos de verano, pueden aparecer grietas o fisuras en las superficies no protegidas de los concretos, a los 10 o 20 minutos despues de colados, debidas a contracciones volumetricas por perdida de agua de la mezcla a causa de una fuerte evaporación. Estas grietas pueden desaparecerse, humedeciendo la superficie y presionando las zonas a los lados de las grietas, pero es preferible evitar que se formen protegiendo el concreto inmediatamente despues de colado. Se acepta cualquier método de

protección que impida efectivamente la evaporación del agua del concreto, como cubrir las superficies con cualquier material que proporcione sombra y humedad.

Son inadmisibles las grietas en cualquier estructura pues estas constituirían vías de filtración de agua y posibles puntos de fracturación de dichas estructuras.

En otras ocasiones menos frecuentes, cuando se están presentando temperaturas mínimas diarias menores a 5°C se requiere proteger el concreto contra temperaturas de congelación, cuando menos hasta 72 hrs después del colado, tratando de mantener una temperatura no menor de 10 °C, lo que puede conseguirse aislando o cubriendo los moldes o las superficies con tierra o paja.

5.17 CURADO DEL CONCRETO.

Este inciso es de verdadero interés ya que la operación de curado del concreto es de vital importancia. Es evidente que el endurecimiento del concreto se obtiene a través de la reacción que se verifica entre los componentes del cemento y del agua, o en otras palabras a la hidratación progresiva del cemento. El agua mínima que necesita el cemento para conseguir su hidratación completa, es del orden del 24 al 27% en peso del cemento, y realmente en la elaboración de concretos comunes generalmente acusan cantidades mayores que varían entre el 50 y el 100%

dependiendo de la resistencia deseada, pero ocurre que el agua que el cemento requiere para su hidratación, no la toma instantaneamente, sino que tarda días, meses y quizás años para ello, en forma tal que, si un concreto no se cura en lo absoluto, a pesar de contener inicialmente un exceso de agua de la que requiere para su hidratación completa, esta se evapora facilmente cualquiera que sea, la temperatura ambiente y deja de existir dentro de la masa del concreto; por la razón anterior, es indispensable el humedecimiento continuo de las superficies expuestas al ambiente, así la masa de concreto absorbe el agua necesaria y se continua la hidratación del cemento en forma satisfactoria. Lo anterior no significa que necesariamente se tengan que humedecer las superficies del concreto durante años, operación en ninguna forma realizable, pero que tampoco es necesaria. La hidratación del cemento ocurre con gran intensidad en los primeros días de elaborado el concreto y solamente necesita días para lograr un elevado porcentaje de su hidratación y por consecuencia de su resistencia, para posteriormente por sí solo ir adquiriendo mayor resistencia. Entonces la necesidad de humedecer las superficies expuestas o simplemente evitar la evaporación del agua del interior de la masa de concreto, sólo es un requisito que no excede en ningún caso 15 días y esto depende de la resistencia necesaria mínima, para que la estructura, permita el avance y aprovechamiento de ella misma como eslabon de la construcción, es necesario que acepte las cargas y los

esfuerzos a que vayan a quedar sometidos sus distintos elementos a medida que ella crece. Por otra parte como la especificación de resistencia de un concreto se indica a determinada edad, la cual generalmente es a los 28 días, es necesario cuidar el curado con la eficiencia necesaria para lograr satisfacer el requisito anterior.

Los sistemas apropiados para obtener un buen curado de los concretos son varios; aunque las consecuencias son las mismas, cada uno de ellos requiere diversas atenciones que gravan o descargan el costo de la operación, según las condiciones de la obra y el clima en que se encuentran. Es natural que se requieran más atenciones en climas secos y calientes que en climas húmedos y fríos.

El curado mediante riego continuo de agua, constituye el sistema más apropiado en cuanto a calidad de curado se refiere, pero adolece del grandísimo defecto de que generalmente no es aplicado ni cuidado a entera satisfacción. La operación en sí, no tiene ninguna dificultad, por lo que es confiada a personal irresponsable que desconoce en absoluto las consecuencias de no hacerlo correcta y continuamente conformándose simplemente con guardar las apariencias cuando se hace una supervisión de los trabajos; cuando se haga el curado con agua, está especificado que es conveniente instalar un sistema que por sí solo se atienda, o sea mediante la instalación de tuberías provistas de pequeñas

perforaciones o aspersores que funcionen continuamente. Cuando el aprovisionamiento del agua necesaria no es una operación sencilla e implique el abastecimiento mediante pipas, lo más conveniente es no emplear este sistema, porque seguramente se incurrirá en una atención discontinua y poco efectiva.

Otra operación que resulta eficaz y requiere menos gasto de agua y poco menos de atención, es la protección de las partes expuestas a la intemperie mediante materiales que guarden mayor tiempo la humedad, tales como: arena o simplemente tierra, la cual se extiende sobre las superficies del concreto en capas no menores de 5 cm y que periodicamente son inundadas o humedecidas con agua. Esta operación es permitida y resulta practicable en superficies horizontales o ligeramente inclinadas. Para los paramentos verticales la protección, puede hacerse mediante costales de yute ligadas sobre los cuales esté cayendo el mínimo de agua necesaria para mantenerlas húmedas, teniendo la ventaja de proteger la superficie del concreto contra el sol y los vientos. Esta operación de curado protegiendo las superficies expuestas tiene mas éxito que la anterior, pero se dan casos bastante frecuentes de que las capas de arena o arcilla o la propia costalera permanecen secas, por lo tanto, sólo debe verse con una solución al requerimiento de agua que para este caso es mínima mas no como una solución que garantice 100% de eficiencia.

Otro sistema de curado, es la aplicación de compuestos quimicos capaces de formar en las superficies de concreto una

membrana impermeable que permanezca el tiempo necesario sobre las superficies, protegiendo y evitando la pérdida de agua por evaporación. Tales membranas son eficientes y su servicio depende de otros factores como el de aplicación y calidad misma del compuesto, si garantizan la permanencia del agua dentro de la masa de concreto, sin que nadie se tenga que preocupar por este aspecto después de su aplicación, en general ésta es igual, consistiendo su diferencia en las distintas coloraciones cuyo objeto es el siguiente: Las de color negro, se pueden usar en aquellos lugares en que el concreto no está a la vista, siendo la más económica. Hay otras de color fúgax, lo cual tiene por objeto inicialmente, saber donde fue aplicada y posteriormente no originar cambios en el color final del concreto, permitiendo acabados aparentes. Otras tienen en su composición un pigmento blanco, y se aplican en superficies, que por el clima en que se encuentran, están sujetas a un sol intenso, calor, vientos, reflejando por su color mismo los rayos solares y el calor manteniendo así las superficies de concreto más frescas. No da un aspecto desagradable y su uso se extiende en superficies de pavimentos, revestimientos de canales o grandes estructuras en donde el aspecto aparente no es esencial.

La colocación de esta membrana debe satisfacer las siguientes especificaciones: Antes de su aplicación la emulsión debe ser uniforme, para lo cual se hace necesario que este bien

mezclada, es conveniente que esta agitación se haga mediante un sistema mecánico continuo o bien por inyección de aire a presión por el fondo del tambor que la contiene. Cuando la temperatura del compuesto para curar con membrana sea lo suficientemente baja (10°C) que impida su manejo normal, debido a que se hace por este motivo más viscosa, debiera calentarse, lo cual no se hará aplicándole fuego directamente al tambor que la contiene porque es inflamable, sino mediante vapor de agua caliente aplicado en derredor del tambor y la temperatura alcanzada no debiera exceder de 38°C. El producto para curar se aplicara a las superficies de concreto mediante un aspersor en una sola capa y a razón de un litro de producto por cada 4 o 5 m².

El equipo de rocío debiera ser del tipo de tanque de presión con dispositivo para la agitación continua durante la aplicación.

En las superficies no moldeadas, la aplicación del producto para curar se hara tan pronto como haya desaparecido la humedad superficial y en las superficies amoldadas debiera rociarse despues de quitarse los moldes e inmediatamente despues de que se note que no absorben más agua. El transito o cualquier otra operación debiera ser tal que evite daños a la membrana, para curar por lo menos durante 28 días. Cuando no sea posible, debido a las operaciones de construcción las membranas deberan protegerse con una capa de arena o tierra cuyo espesor mínimo sea de 2.5 cm y la cual se colocara hasta que la membrana esté seca. En los sitios donde se tenga que hacer una junta de construcción,

no es permitido el uso de la membrana para curar, porque posteriormente resulta muy difícil quitarla y establecer una buena junta.

Es conveniente impedir las corrientes de agua sobre una superficie recién tratada con la membrana protectora, cuando menos durante una hora, para dar tiempo a que seque, debido a que una corriente con pequeña velocidad puede deslavarla parcial o totalmente. El caso sería por ejemplo que cayera una tormenta durante la operación de aplicado de una membrana protectora en un muro o en una losa, sería indispensable revisar cuidadosamente el tramo tratado, para en un caso de ser necesario repetir la operación.

5.18 CONTROL DE RESISTENCIAS.

Para comprobar si el concreto que se está aplicando en una obra tiene la resistencia prevista o la necesaria, se toman las muestras de 30 litros de concreto a la salida de la revolvedora o en el lugar de aplicación, para elaborar cilindros de prueba.

El molde cilíndrico es metálico con diámetro interior de 15.2 cm (6") y altura de 30.5 cm (12"). Estas dimensiones son adecuadas para el tamaño máximo de los agregados que generalmente se usan. Los cilindros normales de prueba tienen un diámetro igual a la mitad de la altura y se especifican para concretos cuyo tamaño máximo de agregado grueso sea igual o menor que una cuarta parte del diámetro del cilindro, pero se ha observado que

se pueden emplear agregados del tamaño de una tercera parte del diámetro sin que afecte en forma notable la igualdad de resultados.

El molde debe llenarse en 3 capas de igual altura, compactando energicamente cada capa sin llegar a la anterior, con 25 golpes distribuidos uniformemente en la sección transversal del cilindro; los golpes se dan con una varilla de fierro liso de 16 mm de diámetro, con un extremo terminado en forma de punta de bala y longitud entre 60 y 70 cm. Se apoya el molde en una superficie lisa sensiblemente horizontal, previamente humedecida, y la primera capa se apisona en todo su espesor. A la capa superior se le retira el exceso de concreto y se alisa la superficie enrasada con una "llana" o cuchara de albañil.

Los cilindros no deben moverse durante las primeras 24 horas, del lugar donde se elaboren, por lo tanto debe escogerse previamente el lugar de trabajo a la sombra y en donde no estorben las actividades constructivas de la obra.

Despues de 24 horas de fabricados los cilindros de concreto se sacan de sus moldes para iniciar su curado sumergiéndolos en agua o cubriéndolos con arena saturada con agua. Previamente deben ser numerados, clasificados y fechados para conocer la ubicación del volumen de concreto representado por cada cilindro.

Cuando los cilindros vayan a ser transportados a otro lugar ya sea para depositarlos en el cuarto de curado o para ensayarlos es necesario protegerlos con arena, viruta de madera o de papel,

aserrín, húmedos, empacados separadamente para evitar que sufran golpes contra otros objetos o entre sí.

Las condiciones de curado deben conservarse hasta el día de la prueba, ya sea en cuarto de curado, sumergidos en agua o cubiertos con arena siempre húmeda. La prueba consiste en la aplicación de cargas de compresión simple, en la dirección del eje del cilindro, con velocidad de aplicación de carga de 27 ton por minuto hasta producir la fractura o falla del concreto. La prueba del concreto puede hacerse a 7 días, a 23 días, a 90 días, según el número de cilindros disponibles o de la intensidad que se requiera tener en el control de calidad por lo general, es suficiente hacer 3 cilindros de concreto por cada turno de trabajo o por cada elemento estructural, y probar uno a 7 días y dos a 28 días de edad, con lo cual se tendrán datos suficientes para juzgar la calidad del concreto oportunamente.

Antes de efectuar la prueba de un cilindro de concreto, se debe de "cabecear" para eliminar las salientes o irregularidades que pudieran producir concentración de esfuerzos y una falla prematura del concreto, con lo cual se acusarían resistencias menores a las reales. El "cabeceo" se puede hacer con pasta de cemento puro, con azufre puro, con mezclas de yeso y cemento o de arcilla y azufre, y sus resultados no inducen diferencias mayores de un 3%. las pastas de cemento y las mezclas de cemento con yeso requieren hacerse con varias horas de anticipación.

La carga de ruptura entre el área media del cilindro

proporciona la resistencia unitaria del concreto a la compresión simple. El area media corresponde al diametro promedio de dos mediciones efectuadas con un compás de exteriores, normalmente entre sí, a la mitad de la altura del cilindro.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El presente trabajo se fijo como objetivos recopilar un conjunto de información, la cual se encontraba dispersa en otros tantos volúmenes, cada uno encaminado a explicar desde su punto de vista los conceptos y métodos. Estos libros fueron un respaldo muy fuerte para poder conjuntar y englobar dentro de este trabajo.

La descripción que se hace es en una forma general, abordando cada uno de los conceptos, temas y métodos no perdiendo con esto la esencia de cada uno de ellos, sino por el contrario tratar de poner algo de la experiencia que se obtiene como estudiante, al tratar de entender información que se da en una forma abstracta y compleja dentro de algunos libros y evitar lo más posible este tipo de explicaciones. Esto se hizo utilizando una redacción y descripción dejando a un lado los conceptos rebuscados y ayudado de un lenguaje cotidiano sin términos complejos.

Dicho objetivo se consiguió al lograr dar forma a este trabajo dirigido a todos los estudiantes de la carrera de ingeniería civil, carreras afines y aun personas que se identifiquen con los temas que en este se conjuntaron.

Describir las ventajas y desventajas de cada uno de los

métodos de diseño de mezclas de concreto fueron otros objetivos, fijados para desarrollar este trabajo; en la tabla de recopilación de resultados que se anexa en el capítulo IV, se hacen notar éstas; en ella se ven los consumos de cemento que se tienen para cada método, al que se le denomina método por cantidad de cemento, proporciona datos que corregidos producirán la mejor mezcla, en tanto a sus características físicas se refiere obtenida durante la elaboración de cada una por método. Por tanto se dice que es la más ideal para elaborar concretos.

Aunque se haya definido lo anterior los métodos en los cuales la proporción base es semejante en unidades al método mencionado con anterioridad se pueden utilizar con garantía de obtener un concreto de buenas características para su colocación.

En la utilización de los métodos de cálculo en base a gráficas y formulas se recomienda se hagan cuando los volúmenes son pequeños o concretos con poca relevancia estructural, esto es por no ser los más confiables posibles, sin embargo no dejan de ser útiles.

APENDICE



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ANALISIS GRANULOMETRICO

Obra _____ Mpio. y Edo. _____

Muestra _____ Banco _____ Fecha _____

Descripcion de la Muestra _____

PESO (Kgs) PORCIENTOS
 Material retenido en Malla N°4= _____
 Material que paso en Malla N°4= _____
 PESO TOTAL MUESTRA= _____

GRAVA

ABERTURA DE LA MALLA		PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULATIVO
Ret. en 3"	76.2 mm			
" " 2 1/2"	63.5 "			
" " 2"	50.8 "			
" " 1 1/2"	38.1 "			
" " 1"	25.4 "			
" " 3/4"	19.1 "			
" " 1/2"	12.7 "			
" " 3/8"	9.5 "			
" " N° 4	4.7 "			
S	U	M	A	S:

MODULO DE FINURA =

ARENA

MALLA	ABERTURA	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULATIVO
N° 8	2.36 mm			
N° 14	1.19 "			
N° 28	0.59 "			
N° 40	0.297 "			
N° 100	0.149 "			
Charola	0.149 "			
S	U	M	A	S:

MODULO DE FINURA =

Firma del Operador _____
 Nombre del Operador _____

NOTAS: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 PRUEBAS FISICAS

Obra- _____ Mpio y Eda- _____
 Muestra _____ Banco _____ Fecha _____
 Descripción de la Muestra _____

GRAVA

P E S O V O L U M E T R I C O	
Peso muestra + Peso recipiente (Tara)	Kgs
Peso del recipiente	Kgs
Peso neto de la muestra (P)	Kgs
Volumen del recipiente (V)	Lts
Peso Volumétrico (P.V.) = P/V	Kg/m ³

D E N S I D A D	
Peso muestra saturada	grs
Volumen agua desalojada	cm ³
Densidad = Peso muestra/Volumen desalojado	

A B S O R C I O N	
Peso muestra saturada	grs
Peso muestra seca	grs
Diferencia	grs
Absorción = (Diferencia/Peso seco) 100	%

P E R D I D A P O R L A V A D O	
Peso muestra seca (original)	grs
Peso muestra lavada y seca	grs
Diferencia	grs
Pérd por lavado = (Diferencia/Peso original) 100	%

Firma del operador _____
 Nombre del operador:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 PRUEBAS FISICAS

Obra: _____ Mpio y Edo.: _____
 Muestra: _____ Banco: _____ Fecha: _____
 Descripción de la Muestra: _____

ARENA

P E S O V O L U M E T R I C O		
Peso muestra	Peso recipiente (Tara)	Kge
Peso del recipiente		Kge
Peso neto de la muestra (P)		Kge
Volumen del recipiente (V)		Lts
Peso Volumetrico (P.V.)		Kge/L

D E N S I D A D

Peso muestra saturada		grs
Volumen agua desalojada		cm ³
Densidad = Peso muestra/Volumen		

A B S O R C I O N

Peso muestra saturada		grs
Peso muestra seco		grs
Diferencia		
Absorción = (Diferencia/Peso seco) 100		%

P E R D I D A P O R L A V A D O

Peso muestra seca (original)		grs
Peso muestra lavada seca		grs
Diferencia		grs
Perd. por lavado = (Diferencia/Peso original) 100		%

MATERIA ORGANICA

Calorimetría: _____
 Limo o Arcilla: _____

Firma del operador: _____
 Nombre del operador: _____

NOTAS: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CONCRETO DE PRUEBA
 (CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCION)

OBRA _____ MPIO Y EDO - _____

BANCOS Arena _____ Grava _____

TM = _____ RESISTENCIA PROYECTO _____ Kg/cm² a 28 días de edad

CEMENTO _____ ADICIONANTE _____ Dosificación _____ %

PROPORCION BASE (1)	CANTIDADES INICIALES (2)	HUMEDAD			ABSORCION			CANTIDADES CORREGIDAS (7)=(2) (4) (6)
		% (3)	(Kg) (4)=(2) (3)	(3)	% (5)	(Kg) (6)=(2) (5)	(5)	
CEMENTO								
ARENA								
GRAVA Nº1								
GRAVA Nº2								
GRAVA Nº3								
AGUA				SUMA			SUMA	
SUMAS (2) = (7)				AGUA DE ABSORCION = (6) - (4) =				

CORRECCIONES (-)
 EN EL CONCRETO DE PRUEBA

OBSERVACIONES

CEMENTO: _____

ASPECTO: _____

ARENA: _____

MANEJABILIDAD: _____

: _____

CONSISTENCIA: _____

GRAVA Nº1: _____

SANGRADO: _____

GRAVA Nº2: _____

REVENIMIENTO: _____ cm

GRAVA Nº3: _____

AGUA: _____

NOTAS: _____

Fecha: _____

Operador: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 RESUMEN DEL ESTUDIO DE AGREGADOS
 Y DISEÑO DE MEZCLAS

OBRA: _____

MPIO Y EDO. _____

Fecha: _____

IDENTIFICACION	NUMERO DE LA MUESTRA							
	arena	grava 1	grava 2	grava 3	arena	grava 1	grava 2	grava 3
Retenido en tamiz N° 4 (%)								
Pasó por tamiz N° 4 (%)								
ARENA Y GRAVA (o y gr.)								
Densidad								
Peso Volumétrico Suelto (Kg/m ³)								
Peso Volumétrico Compactado (Kg/m ³)								
Absorción (%)								
Pérdida por Lavado (%)								
Materia orgánica (colorimetría)								
Limo y/o Arcilla (%)								

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN %	
Retenido en tamiz 75 mm (3)	
" " " 38 " (1 1/2)	
" " " 19 " (3/4)	
" " " 9.5 " (3/8)	
" " " N° 4	
" " " N° 8	
" " " N° 16	
" " " N° 30	
" " " N° 60	
" " " N° 100	
Pasó por tamiz N° 100	
Módulo de finura (M.F.)	

DISEÑO DE MEZCLA	
Proporción base en peso:	
Cemento =	
Areña =	
Grava N° 1 a =	
Grava N° 1 b =	
Grava N° 1 =	
Grava N° 2 =	
Grava N° 3 =	
Grava N° 4 =	
Razón Agua-cemento (A/c)	
Relación Grava-arena (g/o)	
Revenimiento (cm)	
Consumo de Cemento (Kg/m ³)	
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	a 7 días
	a 28 días
	a 90 días

NOTAS: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 DISEÑO DE MEZCLAS

Obra _____ Mpio. y Edo. _____
 Banco _____ Fecha _____

PROPORCION POR PESO DE CEMENTO

Resistencia requerida _____ Kg/cm² Relación Grava-arena (G/a) = _____

_____ % grava 1a, _____ % grava 1b, _____ % grava 1, _____ % grava 2

Tamaño máx. agregado = _____ Razón A/C = _____ Revenimiento = _____ cm

Cemento _____ Adicionante _____

Densidades: Arena (da) = _____ Grava (dg) = _____ Cemento (dc) = _____

PESO SUPUESTO DE CEMENTO POR m³ DE CONCRETO (Pc) = _____ Kg

Volumen de cemento (Vc) = Pc/dc = _____ = _____ litros/m³ de concreto

Volumen de agua (Va) = Pc(A/c) = _____ = _____ litros/m³ de concreto

Volumen de lechada (Vc + Va) = _____ = _____ litros/m³ de concreto

Volumen de agregados/m³ de concreto = V(a+g) = 1000 - (Vc + Va)

Peso de la arena (Pa) = $\frac{V(a+g) da dg}{dg + da(G/a)}$ = _____ = _____ Kg

Peso de la grava (Pg) = Pa(G/a) = _____ = _____ Kg

Proporcionamiento Base: $\frac{Pc}{Pc} : \frac{Pa}{Pc} : \frac{Pg}{Pc}$ = _____ cemento ; _____ arena ; _____ grava

_____ cemento ; _____ arena ; _____ grava 1 ; _____ grava 2

VOLUMENES POR m³ (COMPROBACION)

Volumen del cemento (Vc) = _____ litros

Volumen de la arena (Va) = _____ "

Volumen de la grava (Vg) = $\frac{Pa}{da}$ = _____ "

Volumen de agua (Va) = $\frac{Pg}{dg}$ = _____ "

Volumen de agua (Va) = _____ "

SUMA = _____ "

Firma del Operador _____
 Nombre del Operador _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 DISEÑO DE MEZCLAS

Obra: _____ Mpio y Edo- _____
 Banco: _____ Fecha _____

PROPORCION BASE POR VACIOS

Resistencia requerida: _____ Kgs/cm² Relación grava-arena (G/A): _____

Tamaño Máximo agregado: _____ % arena _____ % grava _____

Peso Volumétrico de la mezcla Grava-arena (PV): _____ Kgs/m³

DENSIDADES: arena (da): _____ Grava (dg): _____ Cemento (dc): _____

Densidad media de la mezcla Grava-arena (D.M.) = $\frac{da(\%a) + dg(\%g)}{100}$

$$D.M. = \frac{da(\%a) + dg(\%g)}{100} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$$

Volumen de agregados por m³ = $\frac{\text{Peso volumetrico}}{D.M.}$ = _____ Lts

Volumen de lechada = 1000 - Volumen agregados = 1000 - _____ = _____ Lts

Volumen de cemento (Vc) = $\frac{\text{Volumen lechada}}{1 + (A/C)}$ Razon A/c propuesta

$$Vc = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Lts}$$

Peso cemento por m³ (consumo) = Volumen cemento por densidad

Peso cemento por m³ (Pc) = Vc (dc) = _____ = _____ Kgs

Peso de arena por m³ (Pa) = P.V. (%a) = _____ = _____ Kgs

Peso de grava por m³ (Pg) = P.V. (%g) = _____ = _____ Kgs

	CEMENTO	ARENA	GRAVA	AGUA
PROPORCION BASE EN PESO:	1.00	:	:	:

VOLUMENES POR m³ (COMPROBACION)

Volumen cemento = Pc/dc = _____ Lts

Volumen arena = Pa/da = _____ "

Volumen grava = Pg/dg = _____ "

Volumen agua = Pc (A/c) = _____ "

SUMA _____ Lts

Firma del Operador _____
 Nombre del Operador _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 PROPORCION FINAL DE LA MEZCLA DE CONCRETO
 (CARACTERISTICAS - COMPROBACION)

OBRA: _____ BANCO: _____

CEMENTO : ARENA : GRAVA 1 : GRAVA 2 : GRAVA 3 : $A/C =$ _____
 CEMENTO : ARENA : GRAVA : AGUA-CEMENTO : GRAVA - ARENA : $A/C =$ _____
 : : : : $g/a =$ _____
 REVENIMIENTO: _____ cm

CONSUMO DE CEMENTO:

VOLUMEN DE CONCRETO POR Kg DE CEMENTO:

Volumen de Cemento = $1.00 / \text{Dens. Cemento} = 1.00 /$ _____ = _____ litros
 Volumen de Arena = _____ / Densidad Arena = _____ / _____ = _____ "
 Volumen de Grava = _____ / Densidad Grava = _____ / _____ = _____ "
 Volumen de Agua = _____ $A/C \times 1.00 =$ _____ $\times 1.00 =$ _____ "
 SUMA = Vol de concreto por 1 Kg de C = _____ litros

CONSUMO DE CEMENTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO

$C = \frac{1000 \text{ litros de Concreto}}{\text{litros de Concreto / Kg de Cemento}} =$ _____ Kg de Cemento

COMPROBACION POR VOLUMENES:

Vol. de lechada = $Cd_c + C(A/C) =$ _____ / _____ + _____ \times _____ = _____ litros
 Vol. Agregados (a+g) = $1000 - \text{Volumen lechada} = 1000 -$ _____ = _____ "
 Peso Arena (Pa) = $\frac{v(a+g) \cdot d_a}{d_g + d_a (a/g)}$ = _____ \times _____ = _____ Kg
 Peso Grava (Pg) = $P_a (G/g) =$ _____ \times _____ / _____ = _____ "
 Volumen de cemento = $C/d_c =$ _____ / _____ = _____ litros
 Volumen de Agua = $C(A/C) =$ _____ \times _____ / _____ = _____ "
 Volumen de Arena = $P_a/d_a =$ _____ / _____ = _____ "
 Volumen de Grava = $P_g/d_g =$ _____ / _____ = _____ "
 SUMA DE VOLUMENES PARCIALES = $l_m^3 =$ _____ litros

COMPROBACION POR PESO:

CEMENTO $(\frac{pa}{c})$: ARENA $(\frac{pa}{c})$: GRAVA $(\frac{pa}{c})$

Fecha: _____ Operador: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 PROPORCIONAMIENTO FINAL DE CONCRETO
 (CONSIDERACION DE CORRECCIONES)

OBRA, _____ BANCO, _____

CANTIDADES FINALES = $\frac{\text{CANTIDADES INICIALES} \pm \text{CORRECCION}}{1 + \frac{\text{Hum} - \text{Abs}}{100}}$

MATERIAL (1)	CANTIDAD INICIAL + CORRECCION $1 + (\text{Hum} - \text{Abs}) / 100$	CANTIDADES CORREGIDAS (3)
ARENA	$1 + \left(\frac{\quad + \quad}{-} \right) / 100 = \quad =$	
GRAVA 1	$1 + \left(\frac{\quad + \quad}{-} \right) / 100 = \quad =$	
GRAVA 2	$1 + \left(\frac{\quad + \quad}{-} \right) / 100 = \quad =$	
GRAVA 3	$1 + \left(\frac{\quad + \quad}{-} \right) / 100 = \quad =$	

MATERIAL (1)	CANTIDAD CORREGIDA (3)	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDADES FINALES (7) = (3) + (4) + (5)	PROPORCION FINAL (8) = (7) / Cemento
		% (2)	(Kg) (4) = (3) * (2)	% (5)	(Kg) (6) = (3) * (5)		
CEMENTO							
ARENA							
GRAVA 1							
GRAVA 2							
GRAVA 3							
AGUA							

[AGUA FINAL(7)]=[CANTIDAD CORREGIDA (3)] - [AGUA ABSORCION (6 - 4)]

PROPORCION DEFINITIVA DE LA MEZCLA

CEMENTO ARENA GRAVA 1 GRAVA 2 GRAVA 3

1 : _____ : _____ : _____ : _____

Fecha, _____ Operador, _____

BIBLIOGRAFIA.
-----**.- MANUAL DE CONCRETOS.**

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos.

Volumenes, I, II, III.

.- MANUAL DE CONCRETOS.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Volumenes I, II.

.- TECNOLOGIA DEL CONCRETO.

E. Torroja.

Editorial P.H.I.

.- MANUAL DE CONCRETOS.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.