



6
2 g.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
A C A T L A N

**GUIA PARA EL ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIAL
UTILIZADOS EN LA ELABORACION DE CONCRETO**

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A
CESAR AYALA OVANDO



DIRECTOR ING. VICTOR J. PALENCIA GOMEZ
JEFE DE PROGRAMA ING. CARLOS ROSALES AGUILAR

MEXICO, D.F. SEPTIEMBRE 1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

CONTENIDO

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1	Descripción general de la guía.....	7
-----	-------------------------------------	---

CAPITULO 2 AGUA

2.1	Generalidades.....	9
2.2	Procedimiento de muestreo	
2.2.1	Muestreo de agua de mezclado.....	19

CAPITULO 3 AGREGADOS

3.1	Generalidades.....	20
3.2	Tipos de muestreo.....	23
3.2.1	Muestreo de depósitos naturales.....	24
3.2.2	Muestreo de canteras.....	29
3.2.3	Muestreo de almacenamiento de agregados.....	30
3.3	Procedimiento de muestreo	
3.3.1	Pozos a cielo abierto.....	31

CAITULO 4 ENSAYES DE LABORATORIO (PRUEBAS FISICAS PARA AGREGADOS)

4.1	Preparación de la muestra.....	34
4.2	Granulometría.....	36
4.3	Absorción.....	42
4.4	Humedad.....	46

4.5	Densidad o peso específico.....	48
4.6	Peso volumétrico.....	51
4.7	Resistencia al desgaste o abrasión.....	56
4.8	Prueba de colorimetría para conocer la presencia de materia orgánica en la arena (en cantidad superior a la aceptable).....	60
4.9	Pérdida por lavado para arena.....	63
4.10	Determinación del porcentaje de limos por sedimentación en arenas.....	66
4.11	Determinaciones especiales.....	68

CAPITULO 5 DISEÑO DE MEZCLAS (PROPORCIONAMIENTO)

5.1	Generalidades.....	71
5.2	Método Empírico de Diseño.....	73
5.3	Ejemplo de diseño de mezclas.....	80
5.4	Concreto para trabajos pequeños.....	90
5.5	Conclusiones sobre el diseño.....	92

CAPITULO 6 CONCLUSIONES

	Conclusiones.....	94
--	-------------------	----

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 1

INTRODUCCION.

Hoy más que nunca México requiere una eficiente actividad de control de calidad; ponerla al servicio de la nación será una gran oportunidad no solo para cumplir un deber cívico y social, sino para utilizar la importancia estratégica del gremio constructor. El mantener un buen control de calidad contribuye sustancialmente a la eficiencia económica.

En este sentido, la inversión en control de calidad es definitivamente anti-inflacionaria, ya que permite minimizar los riesgos inherentes a nuevos proyectos, por su bajo costo en relación a la inversión planeada, y constituye así una forma de asegurar la recuperación de capital, uno de los recursos más escasos de nuestro país.

Por otra parte, el control de calidad contribuye a formar una imagen de la capacidad técnica del país, lo que establece confianza en su nivel científico y técnico y es un aliciente para obtener la aceptación de productos de alto contenido tecnológico.

En casi toda obra civil, grande o pequeña (puentes, casas habitación, rascacielos, presas, etc.), el concreto forma parte esencial, y es tarea del ingeniero civil mantener un control de calidad severo del mismo para lograr los objetivos fundamentales de toda obra: funcionalidad, seguridad y economía.

El concreto se compone principalmente de cemento, agregados y agua; también puede contener cierta cantidad de aire atrapado y de aire deliberadamente incluido, obtenido mediante el empleo de un aditivo o cemento inclusor de aire. Los aditivos se emplean también con otros fines, como mejorar su trabajabilidad, reducir la relación agua-cemento, incrementar la

resistencia o alterar otras propiedades del concreto.

La dosificación del concreto implica el equilibrio entre una economía razonable y los requisitos especificados de colados, resistencia, durabilidad, densidad y apariencia. La capacidad para ajustar las propiedades del concreto a las necesidades de la obra refleja un desarrollo tecnológico que no tuvo lugar, sino a partir de los primeros años de este siglo. El empleo de la relación agua/cemento como elemento para estimar la resistencia fué reconocida alrededor del año 1918.

En lo posible, la dosificación del concreto debe basarse en los datos obtenidos de pruebas de laboratorio practicadas a los materiales que serán empleados en su elaboración. Conocer las propiedades físicas y mecánicas de dichos materiales redituará en una dosificación confiable, y es en este punto donde el control de calidad hace su aparición.

El control de calidad del concreto es tradicionalmente considerado como el mantener una supervisión adecuada durante los procesos constructivos de las que forma parte; sin embargo, su labor es mucho más amplia.

Tenemos como ejemplo, las observaciones derivadas de los sismos de septiembre 19 y 20 de 1985. Los edificios de estructura de concreto, fueron los que registraron el más aparatoso tipo de daños, debiendo aclararse que constituyen también el mayor porcentaje de edificaciones de importancia. Las causas de esos daños y lo que se ha hecho para evitarlas en el futuro y para corregir aquellos que pudieron repararse se mencionarán a continuación, pero

es preciso señalar, sin embargo, que las estructuras bien diseñadas y bien construidas a base de muros y marcos de concreto, soportaron el fenómeno sin mayores daños, lo que hace más trascendente la observación de las recomendaciones que haremos en el resto de este trabajo.

Se ha agrupado en cuatro grandes rubros las causas principales de comportamiento inadecuado:

- a) Errores en la concepción y diseño arquitectónicos.*
- b) Inadecuación del sistema estructural.*
- c) Fallas en cimentaciones.*
- d) Fallas por supervisión deficiente o insuficiente.*

Para efectos de este trabajo, se atenderá el último punto.

En lo tocante al concreto, fué evidente en numerosos casos la falta de control de calidad, específicamente en las columnas. Esto se deriva de la práctica que utilizadá en nuestro medio, en que para algunas construcciones de vivienda o de oficinas, los colados importantes de concreto, correspondientes a losas y trabes, se realizaron con material premezclado que en general llegaba bien dosificado, con buena supervisión y curado apropiado. Se observó que las pruebas extraidos de losas y trabes en edificios dañados o colapsados arrojaron resistencias que sobrepasaron las resistencias de diseño.

No ocurrió así con las columnas, en las que por representar el menor volumen de

concreto, su dosificación se realizaba artesanalmente en la obra, con supervisión inadecuada, con vibrado y curados deficientes. Los muestreos de las columnas en edificios colapsados arrojaron resistencias inferiores a las de diseño.

Dichas fallas en las columnas pudieron haberse evitado, si se hubiese realizado el estudio de las propiedades físicas de los agregados y de ser necesario del cemento a utilizar, para obtener una dosificación confiable, que no obstante haberse realizado manualmente hubiera cumplido con las resistencias requeridas.

Con detalles como éste, que a primera vista no parecen importantes, pueden evitarse desastres como el ocurrido en 1985, que no es sino el resultado de vicios muy arraigados en la comunidad de la construcción, como lo es el que la experiencia sustituya a la técnica, siendo que son dos aspectos que deben trabajar en conjunto.

Es obvio que el control de calidad, no solo consiste en aplicar correctamente un proceso constructivo, sino además el determinar, verificar y/o modificar las propiedades de los materiales que forman parte de él.

Para el caso de la elaboración del concreto, el conocer las propiedades de los agregados, agua y cemento deben ser parte de un programa de laboratorio cuya amplitud de investigación para una obra determinada dependerá de su tamaño e importancia, así como de las instalaciones disponibles y las preferencias personales. Es importante hacer énfasis en que no importa el tamaño de la obra, se deben realizar dichas pruebas, especialmente en

agregados, que en general, no requieren de equipo sofisticado y que podemos sustituir inclusive con utensilios domésticos o empleando técnicas alternativas.

En este trabajo, las pruebas que se realizan al agua y cemento son suprimidas, ya que el agua utilizada en las obras es en la mayoría de los casos potable, y por lo tanto apta para su uso en la dosificación de concreto y, por su parte el cemento cumple generalmente con las especificaciones de calidad normalizadas. No obstante que las características físicas y químicas del cemento influyen en las propiedades del concreto endurecido, la única propiedad del cemento empleada directamente en el cálculo de las proporciones de la mezcla de concreto es el peso específico. El peso específico de los cementos Portland de los tipos incluidos en las ASTM C150 y C175 se supone por lo general entre 3.10 y 3.15 sin cometer errores apreciables en los cálculos de la mezcla. Para otros tipos de cemento como los hidráulicos mezclados de la ASTM C595, el peso específico empleado en los cálculos de volumen debe ser determinado mediante pruebas.

Resulta evidente que, las pruebas de laboratorio para elaborar concreto deben convertirse en una práctica permanente del ingeniero civil, como parte del control de calidad de una obra, no importando el tamaño de ésta, siendo las etapas de este control las siguientes:

- *Conocer las propiedades físicas (y químicas de ser necesario), de los materiales a emplear para obtener dosificaciones confiables.*

- *Vigilar durante el proceso constructivo que la dosificación sea aplicada lo más*

estrictamente posible, evitando a toda costa que esta se realice de manera tradicional (por experiencia).

- *Realizar pruebas de concreto fresco para verificar si su comportamiento es adecuado y tomar muestras para efectuar ensayos en concreto endurecido y comprobar su resistencia.*
- *Aplicar métodos de curado adecuados.*

La presente guía se ocupa exclusivamente del primer punto, teniendo como objetivo fundamental el lograr la mayor seguridad al menor costo.

1.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA GUIA.

En la elaboración de todo tipo de concreto se utilizan agregados finos y gruesos que provienen de bancos de material, de canteras o de establecimientos comerciales que cumplen con ciertas normas de calidad para ser utilizados. Es aquí, que para comenzar como primer paso del proceso de control de calidad debemos muestrear dichos materiales utilizando los métodos adecuados. Una vez que se obtienen las muestras, se practican en ellas pruebas de laboratorio para obtener sus propiedades físicas y algunas características químicas de ser necesario.

La definición e interpretación de cada una de las propiedades y características determinadas están incluidas antes de cada uno de los procedimientos de los ensayos, comentando a la vez en cada uno de ellos la influencia que tenga en lo que a resistencia y/o economía del concreto se refiere.

El siguiente paso es aplicar un método de dosificación, basado en las propiedades y características de los materiales adecuado para las necesidades de la obra (clima, proceso constructivo, etc).

Finalmente las conclusiones incluyen los resultados sobre la eficiencia del método empleado, así comentarios y sugerencias.

Se ha tomado como base el estudio de bancos de material empleado en las grandes obras de infraestructura, debido a la flexibilidad y adaptación que ofrece hacia otro tipo de obras, y la alternativa de uso como método de investigación.

i

CAPITULO 2

AGUA. i

2.1 GENERALIDADES

Por sus efectos sobre el concreto la cantidad de agua interesa bajo dos aspectos diferentes:

- a) Como agua de mezclado al elaborar el concreto fresco.*
- b) Como agua de contacto con el concreto endurecido, ya sea como agua de curado o como elemento que forma parte del medio que lo rodea.*

Como agua de mezclado, sus impurezas pueden tener efectos principales sobre el tiempo de fraguado, resistencia del concreto y corrosión del acero de refuerzo. Al ser aplicada como agua de curado, sus posibles efectos son más bien de apariencia al contener sales que manchen o produzcan eflorescencias sobre la superficie del concreto.

Finalmente, como agua que forma parte del medio que rodea al concreto, cuando contiene sustancias agresivas sus efectos son más decisivos, pudiendo llegar a extremos en que se produzca la destrucción del concreto, si no se toman las precauciones convenientes.

En este trabajo solamente se tratan los aspectos relacionados con el empleo del agua como componente del concreto fresco.

Con frecuencia se menciona que el agua que es buena para ser bebida (agua potable),

es útil para hacer concreto; pero esta sentencia no siempre es válida. Algunas aguas con pequeñas cantidades de azúcares o con ligero sabor cítrico pueden ingerirse, pero no sirven para el concreto; y al revés, hay aguas que sin ser potables pueden ser buenas para hacer concreto, según la cantidad y calidad de las impurezas que contenga. Aún cuando no existe un criterio universalmente aceptado para limitar con precisión las impurezas más comunes en el agua, conviene establecer algunas referencias que permitan juzgar en un caso particular.

Haciendo a un lado el aspecto bacteriológico, que en el caso del concreto no interesa, el agua puede ser contaminada en dos formas: por materiales en suspensión y sustancias en dilución. En la primera pueden mencionarse limo, arcilla y materia orgánica. Entre las segundas, algunos gases, sales solubles y materia orgánica.

Ambas formas de contaminación suelen ser indeseables el agua de mezclado, por ello es conveniente limitar tanto los materiales en suspensión como las sustancias detrimenales disueltas. No obstante, para juzgar más apropiadamente el agua deben identificarse las impurezas y establecer sus posibles efectos sobre el concreto. Por ejemplo, el caso del agua de mar, a pesar de contener unos 35 g sobre litro de sales disueltas, se han empleado como elemento de mezclado en concreto simple al tomarse en cuenta que, en su gran mayoría, se trata de cloruro de sodio que solo aparenta alterar el tiempo de fraguado. Por el contrario, se tiene el caso de los ácidos, el sulfato de magnesio, sales de plomo y otras sustancias altamente nocivas al cemento, cuya presencia en el agua de mezclado no debe ser tolerada en ninguna proporción.

Para comprobar la calidad del agua de mezclado, se acostumbra efectuar su análisis químico y efectuar pruebas comparativas sobre pasta de cemento, mortero, y/o concreto; en esta se compara el agua en estudio con otra de calidad reconocida, tal como agua destilada.

Por medio del análisis químico se determinan sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos, óxidos de magnesio, materia orgánica y turbiedad.

Las pruebas físicas comparativas usuales son : sanidad en autoclave y tiempo de fraguado sobre pastas de cemento de consistencia normal, y resistencia a compresión sobre mortero hecho con arena estándar o sobre concreto hecho con agregados procedentes del lugar donde se requiere emplear el agua. Si el promedio de la resistencia a 28 y 90 días de los especímenes elaborados con el agua ensayada resulta mayor ó igual que el 90% que el promedio de la resistencia de los especímenes fabricados con agua destilada, puede aceptarse el agua propuesta.

La tabla siguiente contiene algunas limitaciones que son usuales para valuar la calidad del agua que se piensa usar en la elaboración de concreto:

<i>Sustancia</i>	<i>Máximo en p.p.m.</i>
<i>sulfatos</i>	<i>300</i>
<i>cloruros</i>	<i>300</i>
<i>magnesio</i>	<i>150</i>
<i>materia orgánica</i>	<i>10</i>
<i>sólidos totales en solución</i>	<i>1500</i>
<i>pH no menor de</i>	<i>7</i>

Se hace enseguida un resumen de los efectos que tienen algunas impurezas comunes en el agua de mezclado en la calidad del concreto sin refuerzo.

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos.

Carbonatos y bicarbonatos de sodio y de potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de diferentes cementos. El carbonato de sodio puede producir un fraguado muy rápido; los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En grandes concentraciones estas sales pueden reducir materialmente la resistencia del concreto a niveles inaceptables.

Cloruro y sulfato de sodio.

Generalmente la elevada proporción de sólidos disueltos de un agua natural se debe a un alto contenido de cloruro o sulfato de sodio.

Ambos pueden tolerarse en relativamente grandes cantidades.

Sales de hierro.

Las aguas naturales subterráneas rara vez contienen más de 20 a 30 ppm de hierro. Sin

embargo, las aguas ácidas de las minas pueden contener cantidades grandes de hierro. Las sales de hierro en concentraciones hasta de 40,000 ppm usualmente no afectan a las resistencias del mortero.

Otras sales comunes.

Los carbonatos de calcio y de magnesio no son muy solubles en agua, lo que da por resultados que rara vez se encuentren con concentraciones suficientes para que afecten la resistencia del concreto.

El sulfato y el cloruro de magnesio pueden presentarse en elevadas concentraciones sin efectos perjudiciales en la resistencia.

El cloruro de calcio se usa algunas veces en el concreto (no en el presforzado) en cantidades hasta del 2 % en peso del cemento, para acelerar el aumento del endurecimiento y de la resistencia.

Diversas sales inorgánicas.

Las sales de manganeso, estaño, zinc, cobre y plomo en el agua de mezcla pueden producir una importante reducción en la resistencia y ocasionar grandes variaciones en el

tiempo de fraguado.

Agua de mar.

El agua de mar, que contenga hasta 35,000 ppm (3.5%) de sal es generalmente buena como agua para mezclar concreto que no vaya a llevar refuerzo, Aunque el concreto hecho con agua de mar puede endurecer con mayor rapidez que el concreto normal, las resistencias en las fechas posteriores a 28 días pueden ser inferiores. Esta reducción de resistencia puede permitirse reduciendo la relación agua-cemento menor de 0.44 y el recubrimiento del refuerzo deberá ser, cuando menos de 3 ".

El agua de mar no debe usarse para hacer concreto presforzado en el que el acero para el presfuerzo quede en contacto con el concreto.

La arena y la grava, extraídas de lechos marinos, se usan algunas veces para hacer concreto. La cantidad de sal del mar en el agregado usualmente no es más de aproximadamente el 1 a 5 del peso del agua de mezcla. Estos agregados, usados con agua potable, aportan menos sal a la mezcla que el agua de mar.

Aguas ácidas.

La aceptación de un agua ácida para la mezcla deberá basarse en la concentración (en partes por millón) de ácidos en el agua.

Ocasionalmente, la aceptación se basa en el pH, que es la medida de la iónica del hidrógeno (el pH del agua neutra es de 7.0; los valores inferiores a 7.0 indican acidez y los que lo sobrepasan indican alcalinidad). El pH es un índice de intensidad y no es la mejor medida de eventuales reacciones ácidas o básicas.

Las aguas ácidas con valores pH menores de 3.0 pueden crear problemas de manejo y deben evitarse si es posible.

Aguas alcalinas.

Las aguas que tengan concentraciones de hidróxido de sodio de 0.5 % del peso del cemento no afectan mucho la resistencia del concreto, siempre que no aceleren el fraguado.

Sin embargo, mayores concentraciones pueden reducir la resistencia.

El hidróxido de potasio en concentraciones hasta de 1.2 % en peso del cemento tienen poco efecto en la resistencia del concreto desarrollada por algunos cementos, pero la misma

concentración, cuando se usa en otros cementos, puede reducir mucho la resistencia a los 28 días.

Aguas de desperdicios industriales.

La mayor parte de las aguas que llevan desperdicios industriales tienen menos de 4,000 ppm de sólidos totales. Cuando se usan estas aguas para mezclar concreto, la reducción en la resistencia a compresión generalmente no es mayor que aproximadamente 10 %. Las aguas de desperdicios de curtidurías, fábricas de pintura, plantas coquizadoras, plantas de productos químicos y galvanización, etc. pueden contener impurezas peligrosas.

Es mejor probar cualquier otra agua de desperdicio que contenga aún unas cuantas ppm de sólidos extraños.

Aguas negras.

Por lo general, las aguas negras contienen aproximadamente 400 ppm de materia orgánica. Después que las aguas negras se diluyen en un buen sistema de tratamiento, la concentración se reduce aproximadamente a 20 ppm o menos. Esta cantidad es demasiado baja para que tenga cualquier efecto importante en la resistencia del concreto.

Azúcar.

Pequeñas cantidades de azúcar, tan pequeñas como 0.03 a 0.15 % en peso de cemento, usualmente retardan el fraguado del cemento. El límite superior de este intervalo varía con diferentes cementos. La resistencia a los 7 días puede reducirse, mientras que la resistencia a los 28 días puede mejorarse.

Limo o partículas en suspensión.

Pueden tolerarse aproximadamente 2,000 ppm de partículas finas de arcilla o de roca en el agua de mezclado. Cantidades mayores pueden no afectar la resistencia, pero pueden influir en otras propiedades de algunas mezclas de concreto. El agua con lodo deberá dejarse asentar en tanques de decantación antes de usarla, para reducir la cantidad de limo y arcilla que se añade en la mezcla.

Aceites.

Ocasionalmente se encuentran presentes varias clases de aceite en el agua de mezcla. El aceite mineral (petróleo) que no esté mezclado con aceites animales o vegetales, probablemente tiene menos efecto en el desarrollo de la resistencia que otros aceites. Sin embargo, el aceite mineral en concentraciones mayores del 2 % en peso del cemento pueden

reducir la resistencia del concreto en más del 20 %.

Algas.

Las algas, cuando están presentes en el agua de mezcla, pueden originar una reducción excesiva en la resistencia, ya sea combinándose con el cemento para reducir la adherencia o introduciendo una gran cantidad de aire en el concreto. Las algas pueden también estar presentes en los agregados, en cuyo caso, la adherencia entre el agregado y la pasta se reduce.

2.2 PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO.

2.2.1 MUESTREO DE AGUA DE MEZCLADO.

A fin de comprobar su calidad como agua de mezclado, las muestras deben obtenerse de la fuente de abastecimiento propuesta envasándola en recipientes opacos de vidrio o plástico, perfectamente limpios y provistos de tapón de vidrio o plástico, cierre hermético y de 4 lt aproximadamente.

Antes de llenar el recipiente debe enjuagarse su interior con la misma agua que se pretende muestrear. Si se trata de agua corriente la muestra se obtendrá donde fluya con menor velocidad. Si se trata de agua en reposo, debe procurarse que fluya durante unos 10 minutos, y tomar la muestra.

Es conveniente obtener dos muestras por lo menos, para cada fuente de abastecimiento distinta, dejando transcurrir entre una y otra muestra un lapso de 3 a 4 horas como mínimo. Una vez que se hayan obtenido deben remitirse, a la mayor brevedad posible al laboratorio donde se vaya a efectuar la comprobación de su calidad.

CAPITULO 3

AGREGADOS.

3.1 GENERALIDADES

La mayor parte del concreto está constituida por agregados minerales cuya participación en las características y propiedades del concreto conviene tener siempre presente cuando se trata de seleccionar y producir agregados para un trabajo seleccionado.

Cuando se comenzó a aplicar el concreto, los materiales se consideraban como materiales inertes que se añadían a la pasta de cemento para incrementar el volumen y reducir el costo del producto. Esta concepción le asignaba a las características de la pasta la responsabilidad total del comportamiento del producto.

En la actualidad, el concreto se trata como un conjunto de partículas aglutinadas con pasta de cemento. De este modo los agregados han adquirido la categoría de materiales de construcción, cuyas propiedades físicas y químicas normalmente influyen en el comportamiento del concreto desde su fabricación hasta el término de su vida útil.

La importancia de utilizar el tipo y calidad adecuados de agregados, no debe ser subestimada pues los agregados fino y grueso ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla , y en la economía. Los agregados finos consisten comúnmente en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados gruesos consisten en una grava o una

combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm (la norma ASTM C125 describe más ampliamente al agregado fino y grueso). Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, consisten en grava y arena que pueden ser utilizados en el concreto luego de un tratamiento mínimo. La grava y la arena naturales, usualmente se excavan o se dragan de alguna mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, gujarros, o grava de gran tamaño.

La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino. Normalmente los agregados se lavan y se gradúan en la mina o planta. Se puede esperar cierta variación en el tipo, calidad, limpieza, granulometría, contenido de humedad así como en otras propiedades.

El concreto reciclado, o concreto de desperdicio triturado es una fuente factible de agregados y una realidad económica donde escaseen agregados de calidad.

Los agregados deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

Los agregados de peso normal deben cubrir los requisitos de la norma ASTM C33. Esta especificación limita las cantidades permisibles de sustancias deletéreas e informa de los

requisitos para las características de los agregados. No obstante, el hecho que los agregados satisfagan los requisitos de la norma ASTM C33 no garantiza necesariamente un concreto libre de defectos. Tal cumplimiento se lleva a cabo por medio de alguna o varias de las diversas pruebas estandarizadas ASTM que se citan en el resto de este trabajo.

Para alcanzar una consolidación adecuada del concreto, la cantidad deseable de aire, agua, cemento y agregado fino (es decir, la fracción de mortero), es de aproximadamente 50% a 65% del volumen absoluto (45% a 60% en peso). El agregado redondeado, tal como la grava, demanda valores ligeramente inferiores, en tanto que los agregados triturados demandan valores ligeramente superiores. El contenido de agregado fino, varía normalmente de 35% a 45% en peso o en volumen sobre el contenido total de agregados.

3.2 TIPOS DE MUESTREO

El muestreo de agregados forma parte de los estudios preliminares de un proyecto, normalmente consiste en obtener muestras de depósitos naturales y/o bancos de roca para triturar. En ocasiones también es necesario obtener muestras de almacenamientos de agregados ya procesados (naturales o triturados), sobre todo cuando se trata de obras de poca magnitud.

Los datos que usualmente deben suministrarse junto con la muestra para su remisión al lugar de ensaye son:

- *Nombre de la obra de donde proviene.*
- *Aplicación que se pretende dar al material.*
- *Nombre y situación del lugar de extracción.*
- *Distancia de este lugar al sitio de aplicación.*
- *Volumen total del material requerido para la obra.*
- *Volumen estimado de material disponible en el lugar muestreado.*
- *Facilidades existentes para acceso y explotación del lugar.*
- *Número total de muestras obtenidas en el lugar.*
- *Localización del punto de obtención de cada muestra.*
- *Espesor de despalme en cada punto.*
- *Profundidad o espesor de material representado por cada muestra.*

- *Profundidad de nivel freático de cada punto.*
- *Fecha de muestreo.*
- *Procedimiento y equipo utilizado.*

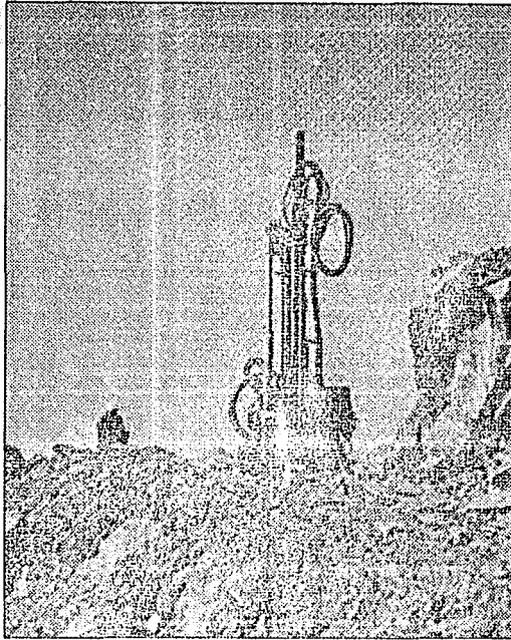
3.2.1 MUESTREO DE DEPOSITOS NATURALES

Es difícil encontrar depósitos homogéneos e ideales de agregados para su uso, generalmente se encuentran yacimientos heterogéneos, especialmente en cuanto a su granulometría.

Pero de ningún modo debe rechazarse un banco de material sin haber evaluado si a pesar de presentar algún aspecto inadecuado pueda ofrecer atractivos bajo otros aspectos. Para extraer muestras existen varios procedimientos, siendo los más comunes:

a) Barrenos.

Este sistema requiere el empleo de equipo especial de perforación, lo que limita su uso a grandes obras donde se requieran grandes volúmenes de material. Los equipos de perforación más usuales emplean brocas de 15 a 90 cm de diámetro, y esto vuelve inadecuado e incoachable utilizar barrenos cuando existen en los depósitos fragmentos mayores de los diámetros mencionados. La ventaja principal es la rapidez que proporciona.

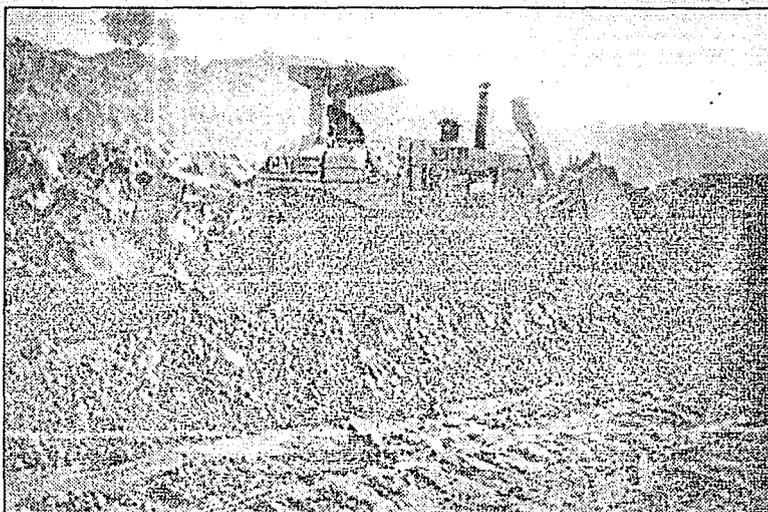


b) Pozos.

Es posiblemente el más empleado debido a su bajo costo, ya que se realiza con herramientas de mano, aunque se presentan ocasiones en las que se utiliza maquinaria de excavación. La profundidad del pozo se deja a menudo a criterio del responsable del muestreo. En pozos profundos que requieran ademarse, el procedimiento es inadecuado.

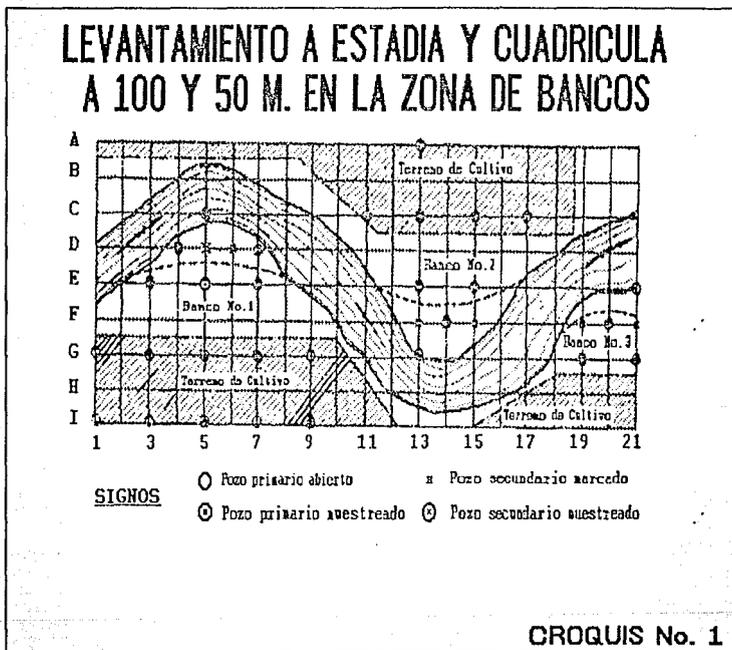
c) Zanjas.

En ocasiones, por diversos factores topográficos del depósito, se facilita la excavación de zanjas o trincheras, pudiéndose emplear equipo mecánico. Este último aspecto hace más atractivo aplicar dicho procedimiento. Normalmente se limita a menores profundidades que las que pueden alcanzarse mediante pozos.



Todas las muestras deben envasarse en sacos de tela compacta o en bolsas de plástico, a fin de evitar pérdida de finos durante su transporte, colocándolas a su vez en costales de yute para protegerlas y facilitar su manejo.

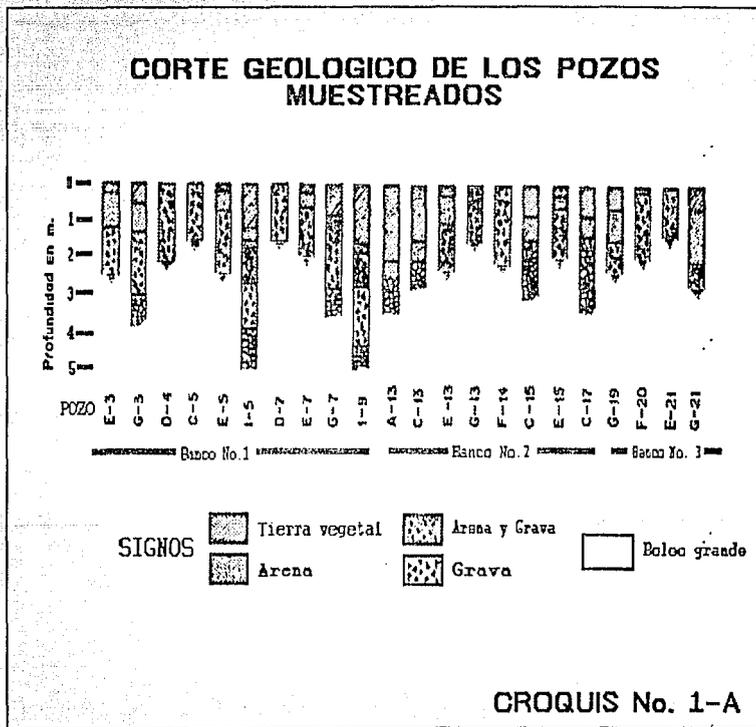
Una práctica muy común de los muestreos consiste en realizar sobre el terreno una cuadrícula con intervalos de 100 m y efectuar sondeos en las intersecciones. En una etapa exploratoria posterior se trazará una cuadrícula intermedia en la zona seleccionada, reduciendo el intervalo a 50 m o menos.



Junto con las primeras muestras conviene obtener la mayor información posible respecto al depósito y principalmente:

- Situación del depósito respecto a la obra.

- Plano topográfico del depósito. Es recomendable una escala de 1:10000 o tal vez menor, con curvas de nivel a cada 5 m como máximo, además debe incluir la localización de los sondeos.
- Profundidad del nivel freático y fecha de los sondeos.
- Corte geológico del terreno en cada lugar de sondeo.



Obtener este tipo de muestreo es laborioso, puesto que a menudo las formaciones de roca no presentan un frente definido o contienen material alterado. Es necesario obtener muestras en el interior de la masa, en zonas alteradas y donde se aprecie cambio de material, las cuales deben integrarse por fragmentos del mayor tamaño posible a fin de permitir en caso necesario, obtener especímenes (cilíndrico o cúbicos) en los que se determine la resistencia a compresión, además de los datos usuales, deben recavarse los datos de fracturas e irregularidades en la roca.



Para extraer muestras profundas es necesario el empleo de explosivos o perforación de barrenos con sistema de recuperación.

Para el transporte de fragmentos se recomienda el uso de cajas de madera, acuñaadas por serrín o viruta de madera para evitar golpes u otros materiales de igual o mayor efectividad como el unicel.

3.2.3 MUESTREO DE ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS

Incluye muestrear agregados naturales o manufacturados previamente almacenados, y en cualquier caso, el obtener muestras representativas ofrece serias dificultades. Por comodidad el almacenamiento tiende a formar pilas del mayor tamaño posible, lo cual provoca que el material más grueso ruede y se acumule en las bases de las mismas, por lo tanto debe evitarse muestrear en el lugar más accesible, es decir, la base. Es conveniente auxiliarse con equipo mecánico.

Deben seleccionarse lugares donde no exista segregación y a la mayor profundidad posible. El trato recomendado para las muestras es el mismo que para yacimientos naturales.

3.3 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

3.3.1 POZOS A CIELO ABIERTO

Equipo.

- ***Pico y pala.***
- ***Hachuela.***
- ***Bote de lámina de 18 lt.***
- ***Cable.***
- ***Costales o cajones.***
- ***Lámina, tarima o lona (de 1.5 x 1.5 m.).***

Procedimiento.

- 1.- Se abren pozos de 1 x 1.5 ó 2 m cuya profundidad esté de acuerdo con el volumen de la obra, procedimientos probables de explotación, etc..***
- 2.- Cada pozo de prueba deberá ser referido, numerado y registrado, éste deberá hacerse con la descripción, profundidad y observaciones de cada pozo.***

3.- *En una de las paredes del pozo se irá abriendo una canal vertical de sección uniforme de unos 20 ó 30 cm de ancho, por 15 ó 20 cm de fondo, recogiendo el material en un bote o cajón.*

4.- *El material recogido en el bote ó cajón, se depositará en un lugar limpio (lámina, tarima ó lona) para formar la muestra. Si el material extraído resulta excesivo (más de cien kilos), deberá cuartearse y envasarse.*

Cantidad de la muestra.- Es conveniente que se obtengan muestras de no menos de 100 kilos (dos costales).

Procedimiento para el cuarteo.

El cuarteo el proceso de reducir la cantidad de una muestra sin que pierdan sus características, y cuyo procedimiento es el siguiente:

1.- *Se mezcla y se amontona la muestra sobre una lona, lámina o tarima; formando un cono.*

2.- *Se aplana el cono con la pala, extendiendo el material hasta formar un círculo de espesor uniforme. Se divide con la pala el círculo en cuatro partes iguales.*

3.- *Con la pala se toma material de dos cuartos opuestos y se apartan. Si los otros dos restantes son suficientes para dar más o menos 100 kilos, envácese el material y si no lo fuere, repítase la operación anterior tantas veces como sea necesario, para ir reduciendo la cantidad de la muestra al peso indicado.*

4.- *Cada muestra será identificada de la siguiente manera:*

- a)** *Nombre de la obra.*
- b)** *Ubicación del banco.*
- c)** *Número o coordenadas del pozo.*
- d)** *Profundidad del pozo.*

La información anterior será anexada en tarjetas y enviada junto con la muestra.

CAPITULO 4

ENSAYES DE LABORATORIO (PRUEBAS FISICAS PARA AGREGADOS).

4.1 PREPARACION DE LA MUESTRA

El material obtenido del muestreo, estará formado por lo general de arena y grava. Todas las pruebas que se describen a continuación se harán con los agregados separados en su primera clasificación, estos es, grava y arena. Por lo que se hace necesario separarlos entre sí para proceder a los ensayos.

Equipo.

- *Dos charolas de lámina galvanizada de 70 x 40 x 10 cm.*
- *Tamiz Num. 4 (4.7 mm).*
- *Bascula de 125 kg de capacidad.*
- *Cucharón.*

Procedimiento.

- 1.- Se pesa la muestra tal como se recibe del campo y se registra el peso.*
- 2.- Se cierne con el tamiz no. 4 colocando el retenido separadamente.*
- 3.- Se pesa cada una de las fracciones separadas y se registran los pesos.*

De esta operación se obtienen las cantidades de arena y grava que contiene la muestra, y se las expresa como porcentajes del total de la misma.

$$\% \text{ de arena} = B / A \times 100$$

$$\% \text{ de grava} = C / A \times 100$$

donde

A = peso de la muestra como llega del campo (destarada).

B = peso de la porción de arena.

C = peso de la porción de grava.

Ya separados los dos materiales, se toman mediante cuarteos más o menos 10 kg de cada uno y se dejan saturar en agua durante 24 horas. Los materiales en estas condiciones servirán para las determinaciones de absorción, densidad y peso volumétrico.

4.2 GRANULOMETRIA

El análisis granulométrico de un agregado, consiste en separar y conocer los porcentajes de cada tamaño de las partículas que lo componen.

La granulometría, o distribución del agregado según su tamaño se determina con un análisis granulométrico. Las cribas estándar para determinar la gradación de los agregados finos son los números 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadradas. Las cribas estándar para determinar las granulometrías de los agregados gruesos tienen perforaciones cuadradas de 6", 3", 1 1/2", 3/4" y 3/8 de pulgada, mas una número 4 (que tiene cuatro alambres por pulgada). Otros tamaños de cribas se usan con frecuencia para los agregados gruesos son la de 2 1/2", 2", 1" y 1/2".

La ASTM C33 y CSA A23.1 muestra los límites para los agregados finos y gruesos.

Existen varias razones para especificar límites en las granulometrías y el tamaño máximo de los agregados. La granulometría y el tamaño máximo afectan las proporciones relativas de los agregados, así como el cemento y agua necesarios, la manejabilidad, la economía, la porosidad, y la contracción del concreto. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra. Las arenas muy finas son a menudo costosas y las arenas muy gruesas pueden producir mezclas muy ásperas y poco manejables.

En general los agregados que no tienen gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y dan una curva granulométrica pareja producen los mejores resultados, lo que se puede explicar por la teoría de la máxima densidad o del mínimo de huecos.

Como la cantidad de pasta que se necesita para el concreto es proporcional al volumen de huecos de los agregados combinados, es conveniente mantener el volumen de huecos al mínimo.

Dos conceptos básicos son el tamaño máximo de agregado y el módulo de finura del material. Se define como el módulo de finura, ya sea del agregado fino o del grueso, la suma de los porcentajes acumulados de los agregados retenidos en las cribas estándar dividida por cien. Es un indicador de finura de un agregado: cuando sea mayor el módulo de finura, más grueso es el agregado. Es útil para estimar la proporción de los agregados finos y gruesos en las mezclas para el concreto.

De las características más importantes que afectan la trabajabilidad de una mezcla esta el tamaño máximo de agregado grueso, el cual no debe exceder un quinto de la menor dimensión entre los lados de las cimbras ni tres cuartos de la distancia libre entre varillas o cables de refuerzo individuales, paquetes de varillas, ductos o tendones de presfuerzo. Para losas de pavimentos sin refuerzo, el tamaño máximo no debe exceder un tercio del espesor de la losa. Se pueden usar tamaños menores cuando así lo requiera la disponibilidad o alguna consideración económica. También es una buena práctica limitar el tamaño de agregado a no más de tres cuartos de la distancia libre entre el refuerzo y las cimbras.

Equipo:

- Balanza de torsión con capacidad de 1 kg y 0.1 g de sensibilidad.
- Báscula de 125 kg de capacidad.
- Juego de tamices de 203 mm (8") de diámetro, números 4, 8, 14, 28, 48 y 100, fondo y tapa (Clasificación Tyler), ó números 4, 8, 16, 30, 50 y 100, fondo y tapa (Clasificación Standard).
- Juego de tamices de 305 ó 406 mm (12" ó 16") de diámetro, con aberturas cuadradas de 5, 9, 19, 32, 76 y 150 mm (3/16", 3/8", 3/4", 1 1/2", 3" y 6").
- Charola de lámina galvanizada.
- Brochuelo de cerda y cepillo de alambre.

Procedimiento para arena:

- 1.- Se cuartea la muestra total de la arena, hasta obtener 500 g con aproximación al 0.1 g.
- 2.- La cantidad de muestra pesada se cernirá en los tamices superpuestos de mayor a menor.
- 3.- Vertida la muestra sobre el tamiz superior, la operación de cribado se hará soportando la serie de tamices sobre los dedos e inclinándola de un lado a otro, a la vez que golpeando sus costados con las palmas de las manos.

- 4.- *Una vez que se haya comprobado que cada tamiz a dado paso a todo el material menor que su abertura, para lo cual se habrá observado que durante un minuto no pasa más que el primer por ciento del retenido, las porciones se colocarán en recipientes por separado para después pesarlos.*
- 5.- *Los tamices deberán quedar siempre limpios después de vaciar su contenido y para esto se utilizará el cepillo de alambre o brochuelo, según la abertura entre hilos.*
- 6.- *Se pesa cada una de las porciones obtenidas en el cribado, con aproximación de hasta 0.1 g en el orden de tamaños correspondiente, haciendo su registro en la forma correspondiente. la suma de los pesos deberá coincidir con el peso total de la muestra empleada con aproximación menor de 1 g. Por esta razón se conservarán por separado las distintas porciones después de pesadas, para en caso necesario comprobar los pesos obtenidos.*

Procedimiento para gravas:

- 1.- *Para el análisis granulométrico se requiere 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 mayas.*
- 2.- *Una vez separado el material, se procederá a pesar cada porción en charolas taradas. Los pesos obtenidos deberán registrarse en la forma correspondiente*

El módulo de finura (M.F) de la arena se obtiene mediante la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los cinco tamices utilizados, desde el No. 8 hasta el No. 100 inclusive, dividida entre 100.

Clasificación de la arena por su módulo de finura.

<i>CLASE</i>	<i>M.F.</i>
<i>Arena gruesa</i>	<i>2.50 - 3.50</i>
<i>Arena fina</i>	<i>1.50 - 2.50</i>
<i>Arena muy fina</i>	<i>0.50 - 1.50</i>

El módulo de finura de la grava se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices usados dividida entre 100, más cinco unidades (número de tamices para la arena).

<i>Tamaño de la malla</i>	<i>Porcentaje de la fracción individual retenida, en peso (*)</i>	<i>Porcentaje acumulado que pasa, en peso</i>	<i>Porcentaje acumulado retenido, en peso</i>
<i>9.52 mm (3/8)</i>	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>0</i>
<i>4.75 mm (No. 4)</i>	<i>2</i>	<i>98</i>	<i>2</i>
<i>2.36 mm (No. 8)</i>	<i>13</i>	<i>85</i>	<i>15</i>
<i>1.18 mm (No. 16)</i>	<i>20</i>	<i>65</i>	<i>35</i>
<i>0.60 mm (No. 30)</i>	<i>20</i>	<i>45</i>	<i>55</i>
<i>0.30 mm (No. 50)</i>	<i>24</i>	<i>21</i>	<i>79</i>
<i>0.15 mm (No. 100)</i>	<i>18</i>	<i>3</i>	<i>97</i>
<i>Charola</i>	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>---</i>
 	<hr/>		<hr/>
<i>Total</i>	<i>100</i>		<i>283</i>
			<i>Módulo de finura = 283 / 100 = 2.83</i>

4.3 ABSORCION

La absorción y la humedad superficial de los agregados debe determinarse, (ASTM C70, C127, y C128; CSA A23.2.6 y A23.2.11) de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y se puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La estructura interna de las partículas de un agregados estan formadas por materia sólida y huecos que pueden contener agua o no.

Las condiciones de humedad de los agregados se designan así:

- 1.- Secados al horno-completamente absorbentes.*
- 2.- Secados al aire-la superficie de la partícula esta seca pero está húmeda en el interior; son, por tanto, algo absorbentes.*
- 3.- Saturados y superficialmente secos-no absorben agua ni aumentan el agua de la mezcla.*
- 4.- Húmedos o mojados-conteniendo un exceso de humedad en la superficie.*

Los pesos de los materiales de las revolturas deben ajustarse por las condiciones de humedad de los agregados.

Se llama absorción a la cantidad de agua capaz de ser tomada por un material (arena o grava), después de estar sumergido en ella durante 24 horas y se expresa como porcentaje

del peso seco del material.

Determinación de la absorción en la arena.

i

Equipo:

- *Balanza de torsión de 1 kg de capacidad y 0.1 g de sensibilidad.*
- *Charola de lámina galvanizada.*
- *Molde en forma de cono truncado, de lámina galvanizada de 90 mm de diámetro inferior y 40 mm de diámetro superior por 75 mm de altura.*
- *Pisón metálico con peso de 340 g, de 25.4 mm de diámetro en su cara de apisonar.*
- *Placa de vidrio o cualquier otro material no absorbente.*
- *Estufa o parrilla.*
- *Cuchara de albañil.*

Procedimiento:

- 1.- Se toma la muestra que se dejó sumergida en agua por 24 horas y se escurre el agua sobrante.***
- 2.- Se extiende sobre la placa de vidrio.***
- 3.- Se remueve frecuentemente hasta considerar que solo halla perdido el agua superficial.***
- 4.- Se llena el molde.***

- 5.- *Se compacta suavemente con el pisón dando 25 golpes.*
- 6.- *La arena se deja al ras al borde del molde.*
- 7.- *Se levanta el molde y se observa el comportamiento de la arena moldeada.*
- 8.- *Se pesan 500 g de la arena que formó el cono y se anota este peso.*
- 9.- *Se seca en la estufa o parrilla el material, hasta peso constante. Las pesadas deben hacerse estando el material frío.*
- 10.- *El peso del material seco se anota.*

Calculo:

$$\text{porcentaje de absorción} = (B - A)/A \times 100$$

B = peso de la muestra saturada (peso seco superficialmente). [8]

A = peso de la muestra seca (peso constante). [10]

Determinación de la absorción de la grava.

Equipo:

- *Balanza de torsión de 1 kg de capacidad y 0.1 g de sensibilidad.*
- *Estufa o parilla.*
- *Charola de lámina galvanizada.*
- *Franela o toallas de papel.*

Procedimiento:

- 1.- *Se toma la muestra que se dejó sumergida 24 horas en agua y se seca superficialmente con la franela o con unas toallas de papel.*
- 2.- *Se pesa exactamente 1 kg y se anota este peso.*
- 3.- *Se seca en la estufa o parrilla tantas veces como sean necesarias hasta obtener un peso constante. Las pesadas deben hacerse estando el material frío.*
- 4.- *Se pesa el material seco y se anota el valor obtenido.*

Calculo:

$$\text{porcentaje de absorción} = (B - A) / A \times 100$$

B = peso de la muestra saturada (peso seco superficialmente). [2]

A = peso de la muestra seca (peso constante). [4]

4.4 HUMEDAD

La humedad de un agregado está compuesta por dos valores: humedad de absorción más humedad superficial.

Equipo:

- Balanza de torsión de 1 kg de capacidad y 0.10 g de sensibilidad.
- Charola.
- Brochuelo.
- Estufa o parrilla.

Procedimiento:

- 1.- Se toma una muestra representativa del material mediante cuarteo.
- 2.- Se toma del material el peso necesario de acuerdo con la siguiente tabla:

Tamaño del agregado		Peso de la muestra
Milímetros	Pulgadas	Kilómetros
Menor de 5	Menor de 3/16	0.200
5 a 19	3/16 a 3/4	0.500
19 a 38	3/4 a 1 1/2	1.000
Mayor de 38	Mayor de 1 1/2	Cantidad suficiente

Se pesa y se anota.

- 3.- *Se seca en estufa o parrilla a una temperatura de 100 a 110°C hasta peso constante. Las pesadas se hacen estando el material frío.*
- 4.- *Se pesa en la balanza el material ya seco, y se registra el peso.*

Cálculo:

$$\text{porcentaje de humedad total} = (P - p)/P \times 100$$

P = peso original de la muestra. [2]

p = peso seco. [4]

4.5 DENSIDAD O PESO ESPECIFICO

Se llama densidad relativa , a la relación entre el peso de un volumen dado de un material (arena o grava) y el peso del mismo volumen de agua destilada a 4°C de temperatura.

Se usa en algunos cálculos para el control y proyecto de mezclas: por ejemplo, en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. No es una medida de la calidad del agregado. La mayor parte de los agregados de peso normal tienen pesos específicos comprendidos entre 2.4 y 2.9.

Los métodos de prueba para determinar el peso específico de los agregados gruesos y finos se describen en las ASTM C127 y C128, respectivamente; la CSA A23.2.6 trata de las pruebas del agregado fino. En los cálculos para el concreto generalmente se usan el peso específico de los agregados saturados y superficialmente secos, es decir, todos los poros de cada partícula de agregado se considera que están llenos de agua, pero sin que tengan agua sobre la superficie de la partícula.

Determinación de la densidad de arena.

Equipo (para grava y arena):

- *Balanza de torsión de 1 kg de capacidad y 0.1 g de sensibilidad.*

- *Frasco de Le Chatelier.*
- *Brochuelo de cerdas.*
- *Recipiente para la muestra.*
- *Probeta graduada de 1,000 ml. de capacidad.*

Procedimiento para arena:

- 1.- *Se pesa en la balanza de torsión 50 g del material (seco superficialmente).*
- 2.- *Se afora con agua el frasco de Le Chatelier haciendo coincidir el menisco inferior en la marca cero.*
- 3.- *Se seca el interior del cuello del frasco.*
- 4.- *Se vierte en el frasco de Le Chatelier la muestra.*

Esta operación se debe hacer con el brochuelo.

- 5.- *Se toma el frasco de Le Chatelier y se agita mediante giros hasta expulsar completamente el aire arrastrado por el material.*
- 6.- *Se pone el frasco de Le Chatelier en posición vertical y se hace la lectura al nivel del menisco inferior. Esta lectura se anota y da directamente el volumen de la muestra introducida.*

Procedimiento para grava:

- 1.- *Se pesa en la balanza de torsión 500 g. aproximadamente del material seco superficialmente.*

- 2.- *Se ufora con agua la probeta graduada, aproximadamente a 500 ml.*
- 3.- *Se seca el interior del cuello de la probeta.*
- 4.- *Se vierte en la probeta el material con la mayor precaución posible para evitar salpicaduras.*
- 5.- *Se toma la probeta y se agita.*
- 6.- *Se pone la probeta en posición vertical y se hace la lectura al nivel del menisco inferior.*
La diferencia de las 2 lecturas se anota como volumen de la muestra introducida.

Cálculo:

$$\text{densidad} = P / V$$

$$P = \text{peso total del material de la prueba.} \quad [1]$$

$$V = \text{volumen de la muestra introducida.} \quad [6]$$

4.6 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 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 varillado. Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamiento o asentamiento provocados por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo.

El valor "peso volumétrico" en ambos casos se deberá obtener con agregados saturados y secos superficialmente.

Para efectos de este trabajo el peso volumétrico de un agregado es el peso de material necesario para llenar un recipiente de un pie cúbico. Se usa el término "peso volumétrico unitario" por que se trata del volumen ocupado por los huecos y el agregado. Los métodos

para determinar los pesos volumetricos de los agregados se dan en las especificaciones de la ASTM C29 y CSA A23.2.10. Se describen 3 métodos para llenar el recipiente (picado, sacudido y vaciado con una pala); los resultados dependen del método usado.

Las variaciones aproximadas en libras por pie cúbico en el peso volumétrico unitario de los agregados para usarse en varios tipos de concreto son: para concreto aislador ligero de 6 a 70; concreto estructural ligero, de 30 a 70; concreto de peso normal, de 75 a 110, y concreto de gran peso de 110 en adelante.

Equipo (arena y grava):

- *Báscula de 125 kg de capacidad.*
- *Cucharón.*
- *Pala.*
- *Medidas de volumen con su peso propio conocido.*
- *Varilla de 16 mm (5/8") con punta de bala y 60 cm de longitud.*
- *Rasero.*
- *Charola.*

Procedimiento:

Determinación del peso volumétrico suelto de la arena.

- 1.- *En la medida de 2.83 lt (o.10 pies cúbicos) se vierte la arena dejándola caer con un deslizamiento continuo desde una altura de más o menos 50 mm 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 deberá moverse durante la operación.*
- 2.- *Terminado el llenado anterior se quita la extensión.*
- 3.- *A continuación se recorre el rasero sobre los bordes de la medida tantas veces como sea necesario para obtener una superficie precisamente plana, procurando no originar movimiento o vibraciones durante la operación.*
- 4.- *Se pesa la medida con su contenido de arena y se anota el peso obtenido.*

Determinación del peso volumétrico varillado de la arena.

En este caso la única diferencia con el método anterior consiste en que en el paso 1 se llena la medida del recipiente con tres capas varillando cada una de ellas con 25 golpes consecutivos teniendo cuidado de no hacer penetrar la varilla más del espesor de la capa que se trabaja.

Determinación del peso volumétrico suelto de la grava.

- 1.- *Se vierte la grava en la medida dejándola caer de una manera uniforme hasta llenarla completamente.*
- 2.- *El enrase se hará con el rasero corriéndolo sobre los bordes de la medida y sacando*

todo el material que se oponga a su libre movimiento en caso de ser grava de diámetro pequeño.

Si la grava tiene mayor diámetro el enrase se hará a mano tratando de que el material no sobresalga de los bordes de la medida.

- 3.- Los espacios vacíos dejados en la operación de enrase se llenarán acomodando grava en ellos manualmente pero sin ejercer ninguna presión.*
- 4.- Se pesa la medida con su contenido de grava y se anota el peso obtenido.*

Determinación del peso volumétrico varillado de la grava.

En este caso la única diferencia con el método anterior, consiste en sustituir el paso 1 por el llenado de la medida con tres capas , golpeando con la varilla cada una de ellas 25 veces, teniendo cuidado de no hacer penetrar la varilla más del espesor de la capa que se trabaja.

Cálculo:

peso volumetrico suelto = $(P - p) / V \times 1000$

o varillado en kg/m³

P = peso propio de la medida más el peso del material en kg.

p = peso propio de la medida en kg.

V = volumen medido del material en litros.

La medida que se use deberá ser de acuerdo con el tamaño máximo del agregado, según la tabla siguiente:

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA EN	
<i>milímetros</i>	<i>pulgadas</i>	<i>litros</i>	<i>pies cúbicos</i>
<i>12.7</i>	<i>1/2</i>	<i>2.83</i>	<i>0.10</i>
<i>38.1</i>	<i>1 1/2</i>	<i>14.16</i>	<i>0.50</i>
<i>76.2</i>	<i>3</i>	<i>28.32</i>	<i>1.00</i>
<i>152.4</i>	<i>6</i>	<i>85.53</i>	<i>3.02</i>

Las medidas serán aproximadamente cúbicas o cilíndricas y de altura igual al diámetro.

4.7 RESISTENCIA AL DESGASTE O ABRASION

La resistencia al desgaste de un agregado se usa con frecuencia como indicador general de calidad del agregado. Esta característica es esencial cuando el agregado se va a usar en concreto sujeto a desgaste como en los pisos para servicio pesado.

El método de prueba más común para la resistencia al desgaste es el método del tambor giratorio de los Angeles (ASTM C131). No obstante que la resistencia al desgaste del concreto puede determinarse con más precisión mediante pruebas de desgaste en el mismo concreto y en lugar de hacerlo en los materiales que lo constituyen.

Este ensaye consiste en someter a desgaste cierta cantidad de grava con una granulometría determinada, utilizando la máquina de abrasión tipo Los Angeles que es un cilindro que gira a razón de 30 a 33 rpm aproximadamente y en cuyo interior se coloca un cierto número de esferas de acero de 46.8 mm de diámetro y cuyo peso oscila entre 390 y 450 gr. cada una; dicho número de esferas esta especificado en la tabla siguiente:

GRANULOMETRIA	NO. ESFERAS	PESO DE LA CARGA EN GR.
<i>A</i>	<i>12</i>	<i>5000 + 25</i>
<i>B</i>	<i>11</i>	<i>4584 + 25</i>
<i>C</i>	<i>8</i>	<i>3330 + 20</i>
<i>D</i>	<i>6</i>	<i>2550 + 15</i>

Siendo las granulometrías A, B, C y D las siguientes:

TAMAÑO DE MALLA (malla)	GRANULOMETRIA			
PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr.)				
RETENIDO EN	A	B	C	D
1	1250 ± 25			
3/4	1250 ± 25			
1/2	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/4			2500 ± 10	
NO. 4			2500 ± 10	
NO. 8				5000 ± 10

En caso de que la granulometría de la muestra no cumpla de manera estricta las anteriores especificaciones, el número de esferas dependerá de una relación directamente proporcional al peso de la muestra a ensayar, es decir, para el 100% del peso del material corresponden 12 esferas.

El número de revoluciones establecido es de 500, al final de las cuales se vierte el material en la malla no. 12 y se determina la cantidad de material que pasa a través de ella y que corresponde a la pérdida de material.

Equipo.

- *Charolas*
- *Mallas no. 12, 1 1/2", 1", 3/4", 3/8" y 1/2"*
- *Máquina tipo los Angeles con 12 esferas de acero*
- *Balanza de torsión con aproximación de 0.001 kg*

Procedimiento.

- 1.- *Se toman aproximadamente 6 kg de muestra del material de banco y se hacen pasar a través de la malla de 1 1/2".*
- 2.- *Al material que pasó la malla de 1 1/2" se le hace pasar a través de la malla de 1" y se pesa 1.250 kg del material retenido en dicha malla.*
- 3.- *Al material que pasó la malla de 1" se le hace pasar a través de la malla de 3/4" y se pesan 1.250 kg del material retenido en dicha malla.*
- 4.- *Se repite el procedimiento anterior para las mallas de 1/2" y 3/8".*
- 5.- *La muestra de la prueba de abrasión se compone de 5 kg integrados por la suma de 1.250 kg de material retenido en cada una de las mallas de 1, 3/4, 1/2 y 3/8 de pulgada.*
- 6.- *Se vierte la muestra de 5 kg (peso inicial) en la máquina Los Angeles y se somete a trituración durante 100 revoluciones, al término de las cuales el material retenido (peso final a 100 rev.) que pasa por la malla no. 12 representa la pérdida de material por abrasión.*

- 7.- Se vuelve a verter el material en la máquina durante 400 rev. más y repetimos el mismo procedimiento anterior, al término de las cuales se toma el peso de la porción retenida en la malla no. 12 lo que se anota como peso final a 500 rev.
- 8.- Se efectúan los siguientes cálculos:

Peso Inicial = 5 Kg

Peso Final a 100 Rev. =

Diferencia =

Porcentaje de Perdida = $(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}) / \text{Peso Inicial} =$

Peso Inicial =

Peso Final a 500 Rev. =

Diferencia =

Porcentaje de Perdida = $(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}) / \text{Peso Inicial} =$

4.8 PRUEBA DE COLORIMETRIA PARA CONOCER LA PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA EN LA ARENA.

(EN CANTIDAD SUPERIOR A LA ACEPTABLE).

La ASTM C289, conocida como prueba química rápida, se usa para identificar los agregados silicosos con afinidad química potencial o la presencia de materia orgánica nociva. Puede determinarse en 2 o 3 días. Las conclusiones se basan en la intensidad de la reacción que ocurre entre una solución de hidróxido de sodio y una muestra agregado en cuestión.

Debido a la influencia de algunos minerales en los resultados de la prueba, la prueba química rápida deberá acompañarse de un análisis petrográfico; sin embargo, no se puede obtener seguridad de que la cantidad de material con afinidad química sea suficientemente pequeño como para que no se produzca una expansión anormal.

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 materia orgánica está basada en la siguiente prueba de colorimetría:

Equipo:

- *Botellas de vidrio incoloro de 250 a 350 ml con tapón de hule y con marcas*

cada 25 ml (biberones).

- *Solución de sosa cáustica (NaOH), 30 g por litro de agua.*
- *Parrilla.*
- *Vidrio color normal.*
- *Balanza de torsión de 1 kg de capacidad.*
- *Charola pequeña para secado de la arena.*
- *Espátula.*

Procedimiento:

- 1.- *Se toma una muestra representativa de la arena que se va a probar que pese alrededor de 500 g.*
- 2.- *Se seca la arena a una temperatura que no pase de 110°C.*
Cuando se hace el secado usando una parrilla, es necesario remover constantemente el material mientras esté sujeto a la acción del calor.
- 3.- *Se pone en la botella hasta la marca 125 ml la arena seca y fría. [2]*
- 4.- *Se agrega la solución de sosa cáustica hasta que la arena y el líquido una vez agitados lleguen a la marca 200 ml. [3]*
- 5.- *Se tapa la botella con el tapón de hule, se agita vigorosamente durante 2 minutos y se deja reposar durante 24 horas. [4]*
- 6.- *Transcurrido este tiempo se compara por transparencia el color del líquido que se encuentra sobre la arena con el vidrio color normal.*

Si el color del líquido arriba de la arena es más claro que el del vidrio color normal indica que el contenido de materia orgánica es inferior al límite fijado, por lo tanto la arena es aceptable. Si al contrario, el color del líquido es más oscuro que el del vidrio color normal y por lo tanto el contenido de materia orgánica puede ser superior al límite aceptable, la arena deberá ser estudiada más detenidamente, en este caso, conviene lavar la arena y hacer nuevamente la prueba colorimétrica. Y si con esto se obtiene un color más claro que en la primera e inferior al límite, este indicará que sí existía materia orgánica, en cuyo caso la arena podrá ser usada en la elaboración de concretos, previo lavado. En cambio, si se obtiene nuevamente el color oscuro, superior al límite, 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 carbón minerales de fierro o manganeso los cuales no son perjudiciales para el concreto, en cuyo caso, la arena podrá ser usada sin previo lavado.

Cuando se hace la prueba de colorimetría para conocer la presencia de compuestos orgánicos, se puede aprovechar también para conocer de una manera aproximada de limo y arcilla contenidos en la arena. La presencia de 15 ml (1/2 onza) de limo arcilla sobre la capa de arena corresponden aproximadamente al 3 % en peso, que es lo que se acepta como máximo de contenido de dichos materiales.

4.9 PERDIDA POR LAVADO PARA ARENA

Las impurezas orgánicas pueden retrasar el fraguado y el endurecimiento del concreto y hasta pueden producir deterioro en casos raros. Por ejemplo, un porcentaje muy pequeño de algunas impurezas orgánicas como el azúcar pueden en realidad impedir el fraguado del cemento durante varios días. Otras impurezas orgánicas como la turba y el humus, y las lamas orgánicas pueden no ser tan serias pero deben evitarse.

Los materiales más finos que los pasan por la criba no. 200, especialmente el limo y la arcilla, presentes como polvo o pueden estar en forma de recubrimiento de las partículas del agregado.

Aun cuando delgadas capas de limo o arcilla las partículas de grava, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta del cemento y las partículas del agregado. Si están presentes algunas cantidades de limo o arcilla en cantidades excesivas, la cantidad de agua necesaria puede aumentar mucho.

El carbón de piedra o lignito u otros materiales ligeros como maderas o materiales fibrosos en cantidades excesivas, pueden afectar la durabilidad del concreto. Si estas impurezas están presentes cerca o en la superficie, pueden desintegrarse, reventar o producir manchas.

Las partículas blandas son perjudiciales porque pueden afectar la durabilidad y la

resistencia al desgaste del concreto y pueden producir reventones. Si son quebradizas pueden romperse durante la mezcla y aumentar por lo tanto la demanda de agua.

Los terrones de arcilla cuando están presentes en el concreto, pueden absorber cierta cantidad de agua de la mezcla, producir reventones en el concreto endurecido, o simplemente desaparecer si quedan cerca de una superficie expuesta.

La presencia de material de tamaño menor de 0.074 mm (tamiz No. 200) en una arena, puede ser considerada como impureza y, por lo tanto es necesario conocer su cantidad. El procedimiento de la ASTM C117 es ampliamente aceptado.

Equipo:

- *Balanza de torsión de 1 kg de capacidad y 0.1 g de sensibilidad.*
- *Charola o recipiente de tamaño suficiente para contener la muestra cubierta con agua y permitir agitaciones vigorosas sin pérdida de muestra o agua.*
- *Tamiz No. 200 (0.074 mm).*
- *Parrilla.*
- *Agitador.*
- *Piceta.*

Procedimiento:

- 1.- Se toma una muestra representativa de arena obtenida por cuarteo.
- 2.- Se seca la muestra en la estufa a temperatura no mayor de 110°C hasta obtener peso constante.
- 3.- De la muestra seca se pesan 500 g y se registra dicho peso.
- 4.- Se vierte esta cantidad de muestra en la charola y se cubre con agua.
- 5.- Se agita vigorosamente teniendo cuidado de no perder ni agua, ni muestra.
- 6.- A continuación se vacía el agua sobre el tamiz No. 200, se repiten las operaciones [5] y [6], tantas veces cuantas sean necesarias hasta obtener una agua de lavado completamente limpia.
- 7.- Se regresa el retenido en el tamiz No. 200 a la charola de lavado.
- 8.- Se seca en la estufa o parrilla hasta obtener peso constante.
- 9.- Se pesa el material ya seco y se registra su peso.

Cálculo:

$$\text{porcentaje de material fino} = (P - p)/P \times 100$$

que pasa por el tamiz No. 200

P = peso original de la muestra. [3]

p = peso seco del material lavado. [9]

4.10 DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE LIMOS POR SEDIMENTACION EN ARENAS

La presencia de arcilla o limo en un agregado constituyen una impureza del mismo y es necesario por lo tanto conocer la cantidad de estos materiales.

Una apreciación volumétrica expresada como porcentaje en peso de estos materiales en las arenas se describe a continuación:

Equipo:

- *Botella de vidrio incoloro de sección circular de un litro de capacidad (botella lechera).*
- *Charola para secar la arena.*
- *Parrilla.*
- *Espátula o cuchara de albañil.*
- *Compás de puntas o escala.*

Procedimiento:

- 1.-** *Se toma una muestra de arena (1 kg) tal como viene del campo y se seca a fuego*

directo removiendo la arena constantemente con la cuchara.

- 2.- *Se pone en la botella arena seca y fría hasta la primera marca (414 ml).*
- 3.- *Se agrega agua hasta la tercera marca (828 ml), se agita de manera que se humedezca toda la arena y en caso de haber descendido el volumen original se completará con agua hasta la marca indicada.*
- 4.- *Se tapa la botella con una mano y se agita vigorosamente durante 2 minutos.*
- 5.- *Se deja reposar durante una hora.*
- 6.- *Transcurrido ese tiempo se mide la capa de limo y arcilla que se encuentre sobre la arena.*
- 7.- *Se compara el espesor medido en [6] con el comprendido entre la primera y segunda marca de la botella.*

Si el espesor de la capa de limo y arcilla es menor que la separación entre la primera y segunda marca que representa 3 % la arena se acepta como buena. Por el contrario, si el espesor de las impurezas es mayor, convendrá lavar la arena tanto como sea necesario hasta que este espesor no sea superior al 3%, en estas condiciones el material es adecuado para la elaboración de concretos y morteros.

ESTUDIO DE BANCO DE MATERIALES

A R E N A S

MUESTRA INTEGRAL	Material retenido en malla No. 4 = Kg = %	Material que pasa por malla No. 4 = Kg = %	
	S u m a = Kg = %		
PESO ESPECIFICO RELATIVO	Peso material saturado (P) =	Volumen desalojado (V) =	
	$P.e. = \frac{P}{V} =$	=	=
ABSORCION	Peso material saturado (P _H) =	Peso material seco (P _S) =	
	% de Absorción: $\frac{P_H - P_S}{P_S} \times 100 =$		=
PESO VOLUMETRICO	Tara: _____	Volumen (V): _____	
SUELTO	Peso con material: _____	menos Tara: _____	
	Peso material (P) : _____	$P_V = \frac{P}{V} =$	=
COMPACTADO	Peso con material: _____	menos Tara: _____	
	Peso material (P) : _____	$P_V = \frac{P}{V} =$	=
PERDIDA POR LAVADO	Peso material seco sin lavar (P) :	Peso material seco lavado (P _L) :	
<i>Materia Orgánica</i> <i>(Prueba de color)</i>	% Pérdida por lavado = $\frac{P - P_L}{P} \times 100 =$		=
	Pérdida en % =		=

ANALISIS GRANULOMETRICO:

	Parcial	Acumulado	
Material retenido en malla No. 8 :	g.-	%-	%
Material retenido en malla No. 16 :	g.-	%-	%
Material retenido en malla No. 30 :	g.-	%-	%
Material retenido en malla No. 50 :	g.-	%-	%
Material retenido en malla No. 100 :	g.-	%-	%
Material que pasa por malla No. 100 :	g.-	%-	%
S U M A	g.-	%-	%

Módulo de Finura: _____ =

ESTUDIO DE BANCO DE MATERIALES GRAVAS

MUESTRA INTEGRAL	Material retenido en tamiz No.4	=	Kg =	%
	Material que pasa por tamiz No.4	=	Kg =	%
	S u m a	=	Kg =	%
PESO ESPECIFICO RELATIVO	Peso material saturado (P)	=		
	Volumen desalajado (V)	=		
	$P.e. = \frac{P}{V} =$	=	=	
ABSORCION	Peso material saturado (P _H)	=		
	Peso material seco (P _S)	=		
	% de Absorción: $\frac{P_H - P_S}{P_S} \times 100$	=	=	
PESO VOLUMETRICO	Tara: _____		Volumen (V): _____	
	Peso con material: menos Tara: _____			
SUELTO	Peso material (P) : _____			
	$P_V = \frac{P}{V} =$	=		
COMPACTADO	Peso con material: menos Tara: _____			
	Peso material (P) : _____			
	$P_V = \frac{P}{V} =$	=		
PRUEBA DE ABRASION MAQUINA LOS ANGELES	Peso del material	=		
	Peso a las 100 rev.	= _____	a las 500 rev.	= _____
	Pérdida de peso	= _____		= _____
	Pérdida en %	= _____		= _____

ANALISIS GRANULOMETRICO:

	Parcial	Acumulado	
Material retenido en malla de 76 mm. (3")	g.-	%-	%
Material retenido en malla de 38 mm. (1 1/2")	g.-	%-	%
Material retenido en malla de 19 mm. (3/4")	g.-	%-	%
Material retenido en malla de 9.5 mm. (3/8")	g.-	%-	%
Material retenido en malla de 4.76 mm. (No.4)	g.-	%-	%
S U M A	g.-	%-	%

Módulo de Finura: _____

4.11 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*
- *Poder reactivo con los álcalis del cemento*
- *Resistencia al intemperismo*

CAPITULO 5

DISEÑO DE MEZCLAS (PROPORCIONAMIENTO)

5.1 GENERALIDADES

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso. Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto bien proporcionada deberá poseer las propiedades siguientes:

- 1. En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable.*
- 2. En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.*
- 3. Economía.*

La comprensión de los principios básicos del diseño de mezclas es tan importante como la realización de los cálculos mismos.

Solamente con una selección adecuada de los materiales y de las características de la mezcla así como un proporcionamiento adecuado se pueden obtener las propiedades anteriores al producir un concreto.

Los métodos de proporcionamiento han evolucionado desde el arbitrario método volumétrico (1:2:3 - cemento:arena:agregado grueso), de principios de siglo, hasta los métodos actuales de peso y de volumen absoluto. Los métodos de proporcionamiento por peso son muy

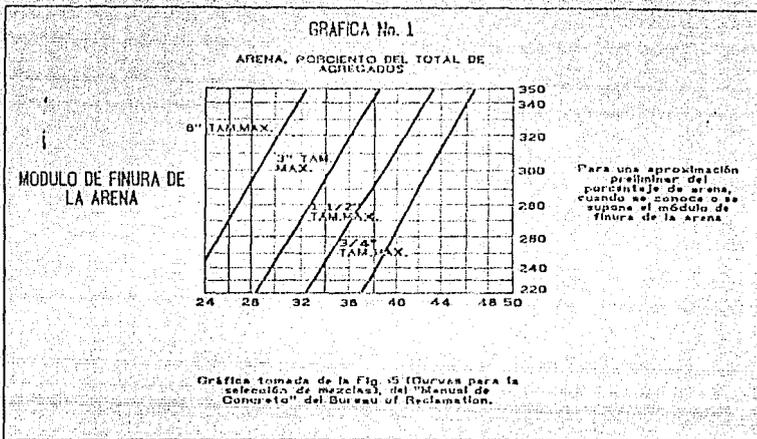
simples y rápidos para estimar las proporciones de las mezclas, utilizando un peso supuesto o conocido del concreto por unidad de volumen. Un método más exacto, el de volumen absoluto, involucra el uso de valores de la densidad de todos los ingredientes para calcular el volumen absoluto que cada ingrediente ocupará en la unidad de volumen de concreto. Otra forma de proporcionar una mezcla de concreto es apartir de experiencias de campo o de mezclas de prueba de concreto.

5.2 METODO EMPIRICO DE DISEÑO.

Este método de diseño de mezclas (es uno de los utilizados por la SARH para sus proyectos) emplea como fundamento los volúmenes absolutos de los materiales. Este método es fácil de comprender y mecanizar, tiene entre sus ventajas el poder dosificar por peso o volumen con la misma confiabilidad.

Además de las pruebas de laboratorio realizadas a los agregados para determinar sus características físicas, debemos considerar para la dosificación los siguientes 4 aspectos que representan los puntos de partida para la aplicación de el Método Portal:

I - RELACION GRAVA-ARENA.- *Se establece con ayuda de la gráfica No. 1, contando con el módulo de finura de la arena y el tamaño máximo de agregado grueso que permite el proyecto.*



II - RELACION AGUA CEMENTO.- Se recomiendan valores entre 0.30 y 0.65, sin embargo puede consultarse con confiabilidad la tabla 5.1 (a) y (b).

TABLA 5.1 (a) Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que no contiene más del porcentaje de aire que se indica en la tabla 5.3.3. Para una relación agua/cemento constante se reduce la resistencia del concreto conforme se incrementa el contenido de aire.

La resistencia se basa en cilindros de 15 x 30 cm, curados con humedad a los 28 días, a $23 \pm 1.7^\circ\text{C}$, de acuerdo con la sección 9 (b) de la norma ASTM C31.

La relación supone un tamaño máximo de agregado de 3/4 a 1"; para un banco dado, la resistencia producida por una relación agua/cemento dada se incrementará conforme se reduce el tamaño máximo de agregado. Consúltense las secciones 3.1 y 5.3.2.

<i>TABLA 5.1 (b) Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeta a exposiciones "severas"</i>		
<i>Tipo de estructura</i>	<i>Estructura continua o frecuentemente mojada y expuesta a congelación y deshielo *</i>	<i>Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos</i>
<i>Secciones esbeltas (barandales, guarniciones, umbrales, ménsulas, trabajos ornamentales) y secciones con menos de 3 cm de recubrimiento sobre el acero de refuerzo.</i>	0.45	0.40 **
	0.50	0.45 **
<i>Todas las demás estructuras.</i>		
<p>* <i>Basado en el informe del Comité ACI 201, "Durability of Concrete in Service", previamente citado.</i></p> <p>* <i>El concreto también debe tener aire incluido.</i></p> <p>** <i>Si se emplea cemento resistente a los sulfatos (Tipo II o Tipo V de la norma ASTM C150), la relación agua/cemento permisible puede incrementarse en 0.05.</i></p>		

III - PESO SUPUESTO DE CEMENTO POR M3 DE CONCRETO.- *Obtenido de la ecuación:*

$$PC = (f'c + 50) 1.2$$

cuyo origen es estadístico, de las pruebas realizadas a un sin número de mezclas con distintas características; donde f'c es la resistencia a compresión del concreto a los 28 días especificada para el proyecto. No se recomienda para f'c mayores de 250 Kg/cm².

IV - REVENIMIENTO.- Es chequeado en el concreto fresco y su importancia recae directamente sobre la consistencia de la mezcla, que definida a grandes rasgos es la humedad de dicha mezcla. Solo se verifica que cumpla con las especificaciones, y que en general varía de 8 a 12 cm. para concreto normal (ver tabla 5.2).

<i>TABLA 5.2 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción</i>		
<i>Tipos de construcción</i>	<i>Revenimiento, cm</i>	
	<i>Máximo *</i>	<i>Mínimo</i>
<i>Muros de cimentación y zapatas reforzadas</i>	8	2
<i>Zapatas, campanas y muros de subestructura sencillos</i>	8	2
<i>Vigas y muros reforzados</i>	10	2
<i>Columnas para edificios</i>	10	2
<i>Pavimentos y losas</i>	8	2
<i>Concreto masivo</i>	5	2

** Pueden incrementarse en 2.5 cm cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado.*

Una vez establecidos los puntos anteriores, se comienza a llenar las hojas de trabajo de diseño de mezclas, teniendo cuidado con las correcciones por humedad, absorción y agua adicional por cuestiones de manejo y trabajabilidad. Finalmente se ensayan los cilindros para comparar resultados.

DISEÑO DE MEZCLAS

PROPORCION POR PESO DE CEMENTO

Resistencia requerida _____ Kg./cm. Relación Grava-Arena ($\frac{g}{a}$) : _____

grava 1a. _____ % grava 1b. _____ % grava 1 _____ % grava 2 _____ %

Tamaño máx. agregados = _____ 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 cemento (Vc) = $\frac{Pc}{dc}$ = _____ = _____ litros/m³ concreto

Volumen agua (VA) = $\frac{Pc(A/c)}{dc}$ = _____ = _____ litros/m³ concreto

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

Volumen agregados/m³ concreto = $V(a + g) = 1000 - (Vc + VA)$ = _____

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

PROPORCIONAMIENTO	CEMENTO	ARENA	GRAVA	AGUA
BASE	: $\frac{Pc}{Pc}$: $\frac{Pa}{Pc}$: $\frac{Pg}{Pc}$	=
	1.00	:	:	:

Cemento	arena	Grava 1a	Grava 1b	grava 1	grava 2
1	:	:	:	:	:

VOLUMENES POR M³ (COMPROBACION)

Volumen de cemento (Vc) = _____ = _____ litros

Volumen de la arena (Va) = $\frac{Pa}{da}$ = _____ litros

Volumen de la grava (Vg) = $\frac{Pg}{dg}$ = _____ litros

Volumen de agua (VA) = _____ = _____ litros

SUMA : _____ litros

CONCRETO DE PRUEBA
(CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCION)

CEMENTO: _____ ADICIONANTE: _____ Dosificación: _____

PROPORCION BASE (1)	CANTIDADES INICIALES (Kg.) (2)	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDADES CORREGIDAS (7 = 2 + 4 - 6)
		%	(Kg.)	%	(Kg.)	
		(3)	(4 = 2x3)	(5)	(6 = 2x5)	
CEMENTO:						
ARENA:						
GRAVA No. 1						
GRAVA No. 2						
GRAVA No. 3						
AGUA		SUMA =		SUMA =		
SUMAS (2) = (7)		AGUA DE ABSORCION = (6) - (4) =				

CORRECCIONES (±)
EN EL CONCRETO DE PRUEBA
(ADICIONES O SUSTRACCIONES DE MATERIAL)

OBSERVACIONES

CEMENTO : _____ ASPECTO : _____

ARENA : _____ MANEJABILIDAD : _____

: _____ CONSISTENCIA : _____

GRAVA Nº 1 : _____ SANGRADO : _____

GRAVA Nº 2 : _____ REVENIMIENTO : _____ cm.

GRAVA Nº 3 : _____

AGUA : _____

NOTAS : _____

5.3 EJEMPLO DE DISEÑO DE MEZCLAS.

Se requiere concreto para la sección de una estructura, la cual no estará expuesta a condiciones ambientales extremas ni al ataque de sulfatos. Debido al proceso constructivo se requiere el uso de un aditivo retardante y superfluidificante (Festerlight 1700SF) sin afectar por ello la resistencia y la trabajabilidad.

El proyecto estructural requiere que se diseñe concreto con una resistencia a la compresión de 250 Kg/cm² a los 28 días (esta NO es la resistencia empleada para el cálculo estructural, sino una cifra mayor que involucra un coeficiente de variación del concreto y a la vez un margen de seguridad).

El espacio libre entre varillas mínimo es de 5 cm.

Se han considerado 2 tipos de agregados:

- A) Material de mina.- A 18 km de la obra, se tienen antecedentes de su comportamiento y estudio sobre sus propiedades, para obras de gran importancia, por lo cual no es necesario someterlo a estudio.*
- B) Material de banco.- Aglomerados cercanos a una corriente y se encuentra a menos de 100 m de la obra, no se tienen datos sobre sus propiedades, por lo cual se extraerán muestras para su estudio.*

El costo por m³ del material de mina y el de banco tienen una diferencia apreciable, ya que el costo de transporte del primero es excesivo respecto al costo de extracción y tamizado del segundo.

De tal manera que la elección del material de banco dependerá de que cumplan con las especificaciones de diseño.

El agua a utilizar se extraerá de una corriente cercana y que se juzga desde el punto de vista de sus propiedades físicas, buena para el mezclado de concreto.

Se utilizará cemento normal Tipo I marca APASCO con un peso-específico de 3.10.

Procedimiento.

- *Elección del revenimiento: Se recomienda que el revenimiento conveniente es de 13 cm como máximo y 11 cm como mínimo.*
- *Elección del tamaño máximo de agregado: Considerando que el espacio libre entre varillas es de 5 cm, de las recomendaciones descritas en el capítulo 4 (ver granulometría) tenemos que el agregado no debe exceder 3/4 de los 5 cm, es decir, no debe exceder 3.75 cm. Por lo tanto utilizaremos agregado con tamaño máximo de 1 1/2".*

- *Relación AGUA-CEMENTO: Se propone igual a 0,61.*

- *Peso supuesto del cemento por M3 de concreto:*

$$P_c = (f'c + 50)1.2 = (250 + 50)1.2 = 360 \text{ kg/M3 de concreto}$$

- *Determinación de las propiedades físicas de los agregados en el laboratorio.*

- *Relación GRAVA-ARENA: De las pruebas hechas a los agregados obtenemos el módulo de finura de la arena, que en este caso es igual a 3.45. De la gráfica No. 1 obtenemos el porcentaje de arena del total de agregados que es igual a 43 %.*

Por lo tanto la relación grava-arena será igual a 1.33.

- *Determinación de la cantidad de mezcla: Utilizaremos 4 cilindros de prueba con el aditivo y 4 cilindros testigo (sin aditivo) para hacer comparaciones, es decir, 1 testigo por cada cilindro de prueba.*

Cada cilindro tiene un diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm.

Se ensayan 2 cilindros de prueba a los 7 días, y 2 a los 28 días.

Por lo tanto el volumen de mezcla necesario será igual a

$$\begin{aligned} \text{Volumen de cada cilindro} &= (3.1416 \times 0.15 \times 0.15 \times 0.30) / 4 \\ &= 0.0053 \text{ M3} \end{aligned}$$

$$\text{No. de cilindros de prueba} = 4$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen necesario} &= 4 \times 0.0053 \\ &= 0.0212 \text{ M3} \end{aligned}$$

Considerando pérdidas por manejo un desperdicio de 50 % debido a que es una cantidad muy pequeña.

$$\begin{aligned} \text{Volumen a proporcionar} &= 0.0212 \times 1.50 \\ &= 0.0318 \text{ (para material de banco)} \end{aligned}$$

- *Diseño preliminar de la mezcla: Con los datos anteriores podemos iniciar el diseño con ayuda de la siguiente hoja de trabajo.*
- *Diseño de la mezcla final: Una vez que se tiene el diseño preliminar se procede a hacer la dosificación y mezclado, durante los cuales será necesario corregir las cantidades de arena y agua calculadas debido a aspectos de trabajabilidad, aspecto, revenimiento, entre otras. Con las correcciones anteriores debemos obtener las proporciones finales de nuestra mezcla.*

Finalmente se ensayan los cilindros en las fechas programadas y se anota su resistencia a la compresión.

DISEÑO DE MEZCLAS

PROPORCION POR PESO DE CEMENTO

Resistencia requerida 250 Kg./cm. Relación Grava-Arena ($\frac{g}{a}$) : 1.33

grava 1a. _____ % grava 1b. _____ % grava 1 40 % grava 2 60 %

Tamaño máx. agregados = 1 1/2" Razón A/c = 0.61 Revenimiento = 12.5 cm.

Cemento: APASCO TIPO I Adicionante: TESTIGO DE CONCRETO

Densidades: Arena (da) = 2.64 Grava (dg) = 2.64 Cemento (dc) = 3.10

Peso supuesto de cemento por m³ de concreto (Pc) = (250 + 50) 1.2 = 360 Kg.

Volumen cemento (Vc) = Pc/dc = 360 / 3.10 = 116.13 litros/m³ concreto

Volumen agua (VA) = Pc(A/c) = 360 x 0.61 = 219.60 litros/m³ concreto

Volumen de lechada (Vc + VA) = = 335.73 litros/m³ concreto

Volumen agregados/m³ concreto = V(a + g) = 1000 - (Vc + VA) = 664.27

Peso de la arena (Pa) = $\frac{V(a + g) da dg}{dg + da (g/a)} = \frac{664.27 (2.64) (2.64)}{2.64 + 2.64 (1.33)} = 752.65$ Kg

PROPORCIONAMIENTO	CEMENTO	ARENA	GRAVA	AGUA
BASE	1.00	2.09	2.78	0.61
	$\frac{Pc}{Pc}$	$\frac{Pa}{Pc}$	$\frac{Pg}{Pc}$	

Cemento	arena	Grava 1a	Grava 1b	grava 1	grava 2
1	: 2.09	:	:	: 1.11	: 1.67

VOLUMENES POR M³ (COMPROBACION)

Volumen de cemento (Vc)	=	116.13	litros
Volumen de la arena (Va)	= Pa/da =	285.09	litros
Volumen de la grava (Vg)	= Pg/dg =	379.18	litros
Volumen de agua (VA)	=	219.60	litros

SUMA : 1,000.00 litros

CONCRETO DE PRUEBA
(CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCION)

CEMENTO: APASCO TIPO I ADICIONANTE: TESTIGO Dosificación: ----

PROPORCION BASE (1)	CANTIDADES INICIALES (Kg.) (2)	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDADES CORREGIDAS (7 = 2 + 4 - 6)
		%	(Kg.)	%	(Kg.)	
		(3)	(4 = 2x3)	(5)	(6 = 2x5)	
CEMENTO: 1	11.45	----	----	----	----	11.45
ARENA: 2.09	23.93	1.78	0.43	1.44	0.35	24.01
GRAVA No. 1: 1.11	12.71	0.50	0.06	0.94	0.12	12.65
GRAVA No. 2: 1.67	19.12	0.42	0.08	0.14	0.03	19.17
GRAVA No. 3:	----					
AGUA: 0.61	6.99	SUMA = 0.57		SUMA = 0.50		6.92
SUMAS (2) = (7)		AGUA DE ABSORCION = (6) - (4) =				- 0.07

CORRECCIONES (±)
EN EL CONCRETO DE PRUEBA
(ADICIONES O SUSTRACCIONES DE MATERIAL)

OBSERVACIONES

CEMENTO : _____ ASPECTO : _____

ARENA : _____ MANEJABILIDAD : _____

: _____ CONSISTENCIA : _____

GRAVA Nº 1 : _____ SANGRADO : _____

GRAVA Nº 2 : _____ REVENIMIENTO : 13 cm.

GRAVA Nº 3 : _____

AGUA : + 0.265 lt _____

NOTAS : _____

CONCRETO DE PRUEBA (CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCION)

CALCULO DEFINITIVO DE LA PROPORCION BASE Y CONSUMO DE CEMENTO POR m³
 DE CONCRETO T.M.A. 1 1/2" f_c 250 Kg/cm²
 UTILIZANDO GRAVA DEL BANCO _____
 ARENA DEL BANCO _____
 CEMENTO APASCO TIPO I

PROPORCION	CANTIDADES INICIALES	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDADES CORREGIDAS	BASE
		%	Gr.	%	Gr.		
CEMENTO =	11.45	----	----	----	----	11.45	1.00
ARENA =	24.01	1.78	0.43	1.44	0.35	23.93	2.09
Gr. 1 =	12.65	0.50	0.06	0.94	0.12	12.71	1.11
Gr. 2 =	19.17	0.42	0.08	0.14	0.03	19.12	1.67
Gr. 3 =	-----	----	----	----	----	-----	----
AGUA =	7.19	----	0.57	----	0.50	7.26	0.63

CEMENTO : $\frac{1.00}{3.10} = 0.323$	CONSUMO DE CEMENTO : $\frac{1,000}{2,798} = 357.40$
ARENA : $\frac{2.09}{2.64} = 0.792$	REL. g / a : $\frac{1.33}{1.33}$
GRAVAS : $\frac{2.78}{2.64} = 1.053$	REL. GRAVAS : $\frac{19.12}{12.71} = 1.50$
AGUA : $\frac{0.63}{1.00} = 0.630$	REL. A / C : $\frac{0.63}{0.63}$
SUMA : <u>2.798</u>	REVENIMIENTO : <u>13</u>

COMPROBACION:

CEMENTO : $\frac{357.40}{3.10} = 115.29$	VOL. DE LECHADA : $115.29 + 225.16 = 340.45$
AGUA : $\frac{357.40 (0.63)}{1.00} = 225.16$	VOL. DE AGREGADOS : $1,000 - 340.45 = 659.55$
ARENA : $\frac{747.30}{2.64} = 283.07$	$P_a = \frac{659.55 \times 2.64 \times 2.64}{2.64 + 2.64 \times 1.33} = 747.30$
GRAVAS : $\frac{993.91}{2.64} = 376.48$	$P_g = \frac{747.30 \times 1.33}{1.33} = 993.91$

PORCENTAJES DE GRAVAS

Gr. 1 40% Gr. 2 60% Gr. 3

PROPORCION BASE

$\frac{1}{2.09} \frac{2.78}{0.63}$
 CEMENTO - ARENA - GRAVAS - AGUA

$\frac{1}{2.09} \frac{1.11}{1.67} \frac{0.63}{-}$
 CEMENTO - ARENA - Gr. 1 - Gr. 2 - Gr. 3 - AGUA

CIL. No.	EDAD (DIAS)	FECHA RUPTURA	PESO (Kg)	SECCION (cm ²)	P.V. Kg/m ²	CARGA Kg	f _c Kg/cm ²	PROMEDIO Kg/cm ²
9358	7	09 VI 93	13.350	179.10	2485	41014	229	
9359	7	09 VI 93	13.300	179.10	2475	41372	231	230
9360	28	30 VI 93	13.200	179.10	2457	53014	296	
9361	28	30 VI 93	13.000	174.3	2486	47758	274*	285

DISEÑO DE MEZCLAS

PROPORCION POR PESO DE CEMENTO

Resistencia requerida 250 Kg./cm. Relación Grava-Arena ($\frac{g}{a}$): 1.33

grava Ia. _____ % grava Ib. _____ % grava I 40 % grava 2 60 %

Tamaño máx. agregados = 1 1/2" Razón A/c = 0.61 Revenimiento = 12.5 cm.

Cemento: APASCO TIPO I Adicionante: Fester Light 1700 SF

Densidades: Arena (da) = 2.64 Grava (dg) = 2.64 Cemento (dc) = 3.10

Peso supuesto de cemento por m³ de concreto (Pc) = (250 + 50) 1.2 = 360 Kg.

Volumen cemento (Vc) = $Pc/dc = 360 / 3.10 = 116.13$ litros/m³ concreto

Volumen agua (VA) = $Pc(A/c) = 360 \times 0.61 = 219.60$ litros/m³ concreto

Volumen de techada (Vc + VA) = = = 335.73 litros/m³ concreto

Volumen agregados/m³ concreto = $V(a + g) = 1000 - (Vc + VA) = 664.27$

Peso de la arena (Pa) = $\frac{V(a + g) da dg}{dg + da (g/a)} = \frac{664.27 (2.64) (2.64)}{2.64 + 2.64 (1.33)} = 752.65$ Kg

PROPORCIONAMIENTO	CEMENTO	ARENA	GRAVA	AGUA
BASE	1.00	2.09	2.78	0.61

Cemento	arena	Grava Ia	Grava Ib	grava 1	grava 2
1	2.09	:	:	1.11	1.67

VOLUMENES POR M³ (COMPROBACION)

Volumen de cemento (Vc)	=	116.13	litros
Volumen de la arena (Va)	= Pa/da =	285.09	litros
Volumen de la grava (Vg)	= Pg/dg =	379.18	litros
Volumen de agua (VA)	=	219.60	litros

SUMA : 1,000.00 litros

CONCRETO DE PRUEBA (CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCION)

CEMENTO: APASCO TIPO I ADICIONANTE: Fester Light 1700 SF Dosificación: 0.5 - 1.5 %

PROPORCION BASE (1)	CANTIDADES INICIALES (Kg.) (2)	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDADES CORREGIDAS (7 = 2 + 4 - 6)
		%	(Kg.)	%	(Kg.)	
		(3)	(4=2x3)	(5)	(6=2x5)	
CEMENTO: 1	11.45	----	----	----	----	11.45
ARENA: 2.09	23.93	1.78	0.43	1.44	0.35	24.01
GRAVA No. 1: 1.11	12.71	0.50	0.06	0.94	0.12	12.65
GRAVA No. 2: 1.67	19.12	0.42	0.08	0.14	0.03	19.17
GRAVA No. 3:	-----					
AGUA: 0.61	6.99	SUMA = 0.57		SUMA = 0.50		6.92
SUMAS (2) = (7)		AGUA DE ABSORCION = (6) - (4) =				- 0.07

**CORRECCIONES (±)
EN EL CONCRETO DE PRUEBA**
(ADICIONES O SUSTRACCIONES DE MATERIAL)

OBSERVACIONES

CEMENTO : _____ ASPECTO : _____

ARENA : _____ MANEJABILIDAD : _____

: _____ CONSISTENCIA : _____

GRAVA Nº 1 : _____ SANGRADO : _____

GRAVA Nº 2 : _____ REVENIMIENTO : _____ 13 cm.

GRAVA Nº 3 : _____

AGUA : _____ - 0.550 l _____

NOTAS : _____

CONCRETO DE PRUEBA (CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCION)

CALCULO DEFINITIVO DE LA PROPORCION BASE Y CONSUMO DE CEMENTO POR m³
DE CONCRETO T.M.A. 1 1/2" f_c 250 Kg/cm²
UTILIZANDO GRAVA DEL BANCO _____
ARENA DEL BANCO _____
CEMENTO APASCO TIPO I

PROPORCION	CANTIDADES INICIALES	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDADES CORREGIDAS	BASE
		%	Gr.	%	Gr.		
CEMENTO =	11.45	----	----	----	----	11.45	1.00
ARENA =	24.01	1.78	0.43	1.44	0.35	23.93	2.09
Gr. 1 =	12.65	0.50	0.06	0.94	0.12	12.71	1.11
Gr. 2 =	19.17	0.42	0.08	0.14	0.03	19.12	1.67
Gr. 3 =	-----	----	----	----	----	-----	----
AGUA =	6.37	SUMA	0.57	SUMA	0.50	6.30	0.55

CEMENTO : $\frac{1.00}{3.10} = 0.323$	CONSUMO DE CEMENTO : $\frac{1,000}{2.718} = 367.92$
ARENA : $\frac{2.09}{2.64} = 0.792$	REL. g / a : $\frac{1.33}{1.33}$
GRAVAS : $\frac{2.78}{2.64} = 1.053$	REL. GRAVAS : $\frac{19.12}{12.71} = 1.50$
AGUA : $\frac{0.55}{1.00} = 0.550$	REL. A / C : $\frac{0.55}{0.55}$
SUMA : $\frac{2.718}{2.718}$	REVENIMIENTO : $\frac{13}{13}$

COMPROBACION:

CEMENTO : $\frac{367.92}{3.10} = 118.68$	VOL. DE LECHADA : $115.29 + 225.16 = 340.45$
AGUA : $\frac{367.92 (0.55)}{0.55} = 202.36$	VOL. DE AGREGADOS : $1,000 - 340.45 = 659.55$
ARENA : $\frac{769.30}{2.64} = 291.40$	Pa = $\frac{678.96 \times 2.64 \times 2.64}{2.64 + 2.64 (1.33)} = 769.30$
GRAVAS : $\frac{1023.17}{2.64} = 387.56$	Pg = $\frac{769.30 (1.33)}{1.33} = 1023.17$

PORCENTAJES DE GRAVAS

Gr. 1 40 % Gr. 2 60 % Gr. 3

PROPORCION BASE

1 2.09 2.78 0.55
 CEMENTO - ARENA - GRAVAS - AGUA

1 2.09 1.11 1.67 - 0.55
 CEMENTO - ARENA - Gr. 1 - Gr. 2 - Gr. 3 - AGUA

CIL. No.	EDAD (DIAS)	FECHA RUPTURA	PESO (Kg)	SECCION (cm ²)	P.V. Kg/m ³	CARGA Kg	f _c Kg/cm ²	PROMEDIO Kg/cm ²
9362	7	09 VI 93	13.350	179.1	2485	52118	291	
9363	7	09 VI 93	13.200	176.7	2490	50360	285	288
9364	28	30 VI 93	13.500	176.7	2547	60785	344	
9365	28	30 VI 93	13.400	176.7	2528	65379	370	357

5.4 CONCRETO PARA TRABAJOS PEQUEÑOS.

Aunque en la mayoría de construcciones generalmente se utilizan mezclas de concreto premezclado bien definidas, el concreto premezclado no siempre resulta práctico para los trabajos pequeños, especialmente en aquellos en que se requiere un metro cúbico o menos. Para tales trabajos se necesitan cantidades pequeñas de concreto mezclado en el lugar.

Si no se cuenta con un proporcionamiento o especificaciones para la mezcla, se puede hacer uso de la tabla 5.3 para elegir las proporciones para el concreto. Se deberá atender a las recomendaciones expuestas previamente con respecto a las condiciones de exposición.

TABLA 5.3 Mezclas de concreto para trabajos pequeños

Procedimiento: Selecciónese el tamaño máximo del agregado adecuado (véase la sección 5.3.2). Utilícese la mezcla B, agregando suficiente agua para producir la consistencia apropiada. Si el concreto parece tener poca arena, cámbiese a la mezcla A, y si parece estar sobreenvenado cámbiese a la mezcla C.

Tamaño máximo de agregado, mm	Denominación de la mezcla	Peso aproximado de los componentes sólidos por m ³ de concreto, Kg				
		Cemento	Arena *		Agregado grueso	
			Concreto con aire incluido	Concreto sin aire incluido	Grava a piedra triturada	Escoria de hierro de alto horno
12.5 (1/2")	A	400	769	817	865	753
	B	400	737	785	897	785
	C	400	705	753	929	817
20 (3/4")	A	368	721	785	993	865
	B	368	689	753	1,025	897
	C	368	657	721	1,057	929
25 (1")	A	352	657	721	1,121	977
	B	352	625	689	1,153	1,009
	C	352	593	657	1,185	1,041
40 (1 1/2")	A	320	657	721	1,201	1,041
	B	320	625	689	1,233	1,073
	C	320	593	657	1,265	1,105
50 (2")	A	304	641	721	1,265	1,105
	B	304	609	689	1,297	1,137
	C	304	577	657	1,329	1,153

* Pesos para arena seca. Si se utiliza arena húmeda deberán incrementarse en 1 Kg los valores tabulados, y si se emplea arena muy húmeda deberán aumentarse 2 Kg.

* El concreto con aire incluido debe emplearse en todas las estructuras que van a estar expuestas a ciclos de congelación-deshielo. La inclusión de aire debe hacerse mediante un cemento con aire incluido o por medio de un aditivo. Si se emplea un aditivo en la cantidad recomendada por el fabricante, generalmente se obtendrá la inclusión de aire deseada.

5.5 CONCLUSIONES SOBRE EL DISEÑO.

En la práctica, las proporciones de las mezclas de concreto serán gobernadas por los límites de datos disponibles sobre propiedades de los materiales, el grado de control ejercido durante la producción de concreto en la planta o en el lugar y la supervisión en la obra. No debe esperarse que los resultados de campo sean un duplicado exacto de las mezclas de prueba de laboratorio. En la obra usualmente es necesario hacer un ajuste a la mezcla de prueba elegida.

Los procedimientos para el proporcionamiento de mezclas aquí presentados, son aplicables a concretos de peso normal. Para los concretos que requieran alguna propiedad en especial, haciendo uso de materiales o aditivos especiales (por ejemplo, agregados de peso ligero) se pueden ver involucrados diferentes principios de proporcionamiento.

La estimación de los pesos de las mezclas de concreto requeridos implica una secuencia de pasos lógicos y directos, que de hecho, ajustan las características físicas de los materiales disponibles a una mezcla adecuada para el trabajo; sin embargo, antes de aplicar cualquier método de proporcionamiento de concreto debemos determinar dichas características físicas.

Los métodos de diseño de mezclas están basados generalmente en un sin número de mezclas de prueba que se realizan en laboratorio, en las cuales la arena variaba de fina a gruesa, y tanto la grava como la arena cubrían una gran variedad de composición mineral, formas de partícula, densidad, contenido de agua, módulos de finura, etc. Con cada una de

estas mezclas se fabrican 3 o más cilindros por relación agua - cemento, mismos que son curados según la norma ASTM C192. A los 28 días , o a la edad de ensaye programada, se determina la resistencia a compresión del concreto sometiendo los cilindros a una prueba de compresión simple axial con ayuda de una prensa hidráulica.

Los resultados obtenidos se grafican para producir una curva de resistencia contra relación agua-cemento, que se utiliza para obtener el proporcionamiento de una mezcla; además, se emplean relaciones de origen estadístico entre las características de los materiales utilizados, la resistencia del concreto y las solicitaciones de trabajo del mismo.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

Resulta evidente, que para seleccionar un banco de material es fundamental la obtención de muestras representativas, ya que de ello dependerá que los resultados obtenidos en laboratorio sean confiables. No existe un criterio general de selección, pues dicha decisión depende de las solicitaciones propias de cada obra, sobre todo del equilibrio que guarden los aspectos técnico y económico, ya que todas y cada una de las propiedades y/o características de los materiales tiene influencia directa en ellos.

Teniendo el conocimiento de la calidad de los agregados desde la operación de muestreo y, por tanto, conociendo las variaciones que desde los mantos se puedan presentar, las cuales fueron evidenciadas por los pozos a cielo abierto hechos para el estudio de los bancos. Esta serie de pozos abiertos al principio pueden marcar características de los materiales diferentes en cada pozo, lo que puede traer como consecuencia el abandono de algunas zonas que no convenga explotar; ahora bien, todas aquellas zonas, cuyas características (según datos aportados por las pruebas iniciales hechas con el material obtenido de los pozos y determinados en laboratorio) hayan satisfecho las especificaciones de calidad fijadas de antemano, pueden ser distintas entre sí, y por tanto, se puede proponer un cierto orden de explotación, ya sea por convenir al proceso constructivo, o bien para ir balanceando los defectos de unas con las ventajas de otras e ir compensando desde ese momento las calidades de los materiales; posteriormente convendrá conocer las cantidades explotadas ya sea que éstas se almacenen para su clasificación posterior, o bien, que estas cantidades pasen directamente para su clasificación; con este control se pueden determinar el porcentaje de aprovechamiento que esta obteniéndose de los bancos, rendimiento de las máquinas utilizadas para dicha explotación y abundamiento de los materiales al cambiar de estado.

El permitir calidades no homogéneas perjudica enormemente, porque en la elaboración de concreto van a presentarse las mismas deficiencias de uniformidad.

Otras de las actividades importantes en lo que respecta a control, es dar a conocer mediante el registro continuo y ordenado de todos y cada uno de los valores encontrados en cada paso que se vaya siguiendo a través de la construcción, la calidad de los materiales y uniformidad de los trabajos.

El objetivo de este trabajo es establecer de manera general como deben estudiarse los materiales que componen el concreto que utilizará el ingeniero civil en sus obras, así como el control que debe tenerse al trabajar con ellos.

Las normas que se establecen en esta tesis tienen carácter general y se refieren a la técnica que debe seguirse al efectuar las pruebas y muestreos. 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.

En resumen, siempre el laboratorio de estudio de bancos y control de calidad en una obra presta ayuda y da seguridad suficiente para llegar a un resultado mejor, que invariablemente resultará más económico que si no se hubieran realizado.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS.

"PRÁCTICA PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL, CONCRETO PESADO Y MASIVO." Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto A.C. México 1984.

"PROPORTIONING CONCRETE MIXES". SP-46 American Concrete Institute. Detroit 1984.

"THE PROPERTIES OF FRESH CONCRETE" Powell, Trelva C. New York 1968.

"TECNOLOGIA DEL CONCRETO" Tomo I. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. México 1985.

"DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO" Steven H. Kosmatka y William C. Panarese. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. México 1992.

"CARTILLA DEL CONCRETO (ACI-SPI)" F.R. MacMillan y Lewis H. Tuthill. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto.

REVISTAS.

"CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA" IMCYC. Vol. II No. 13 Junio 1989 ISSN 0187-7895.

"CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA" IMCYC. Vol. II No. 15 Agosto 1989 ISSN 0187-7895.

NORMAS ASTM.

ASTM	C 29-87	Test method for unit weight and voids in aggregates.
ASTM	C 33-86	Specification for concrete aggregates.
ASTM	C 40-84	Test method of organic impurities in fine aggregates for concrete.
ASTM	C 70-79	Test Method for surface moisture in fine aggregates.
ASTM	C 117-87	Test methods for materials finer than No. 200 sieve in mineral aggregates by washing.

ASTM	C 127-84	Test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate.
ASTM	C 128-84	Test method for specific gravity and absorption of fine aggregate.
ASTM	C 131-81	Test method for resistance to degradation of smallsize coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine.
ASTM	C 136-84	Method for sieves analysis of fine and coarse aggregates.
ASTM	C 535-81	Test method for resistance to degradation of largesize coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine.
ASTM	D 75-82	Practice for sampling aggregates.

CURSO.

"CAPACITACION EN CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES."

LUGAR.- LABORATORIOS DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA (S.A. R. II.), SUBGERENCIA DE INGENIERIA EXPERIMENTAL, SIERRA GORDA No. 30, COLONIA LOMAS DE CHIAPULTEPEC, MEXICO, D.F..

DURACION.- 4 MESES (1992-I).