

870115 / 10  
2ej  
Universidad Autónoma de Guadalajara

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO Y DE SUS  
AGREGADOS EN EL LABORATORIO Y EN LA OBRA.

# **TESIS PROFESIONAL**

**LORENZO LEAL DIAZ BARRIGA**

GUADALAJARA, JAL. 1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

Cundalajara, Jal., Mayo 10 de 1977.

Al Pasante de  
Ingeniero Civil  
Sr. Lorenzo Leal Díaz Barriga  
P r e s e n t e .

En contestación a su solicitud de fecha Abril 28 del presente año, me es grato informarle que la Comisión de Tesis que me honra en presidir, aprobó como tema que usted deberá desarrollar para su examen de Ingeniero Civil, el que a continuación transcribo:

" EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO Y DE SUS AGREGADOS EN EL LAUCHATO RÍO Y EN LA OMA "

- I.- Introducción.
  - II.- Agregados pétreos:
    - a).- Tipos de yacimiento.
    - b).- Explotación.
    - c).- Aspectos de los agregados que influyen en la calidad y uniformidad del concreto.
  - III.- Control de mezclas en el laboratorio.
  - IV.- Cálculo de proporcionamientos y aditivos.
  - V.- Producción e Inspección del Concreto en obras.
  - VI.- Resultado de Ensayes de Compresión del concreto en el campo.
- Bibliografía.

Espero que usted tomar nota que la copia fotografiada del presente título, deberá ser incluida en los antecedentes de todo ejemplar de su tesis.

A t e n t a m e n t e .  
"CIENCIA Y LIBERTAD"

Ing. Luis Jorge Aguilera C.  
Director

## ANTECEDENTES, ORIGEN Y VENTAJAS DEL CONCRETO .

### L- INTRODUCCION.

El concreto hidráulico simple es un material artificial que está compuesto de: agregados, cemento, agua, aire y algunas veces un aditivo.

La mezcla de estos ingredientes en partes proporcionales, forman una masa -- plástica a la cual se le puede dar una predeterminada forma.

El uso del concreto en la industria de la construcción está muy difundido en nuestro país. Es muy rara la obra donde este material no sea empleado, aún - en su forma más simple. El concreto ha llegado a ser el material indispensable para la construcción hecho por la mano del hombre.

La historia del concreto se ve íntimamente ligada a la de los diferentes tipos- de cemento y materiales cementantes.

Los materiales cementantes, productos naturales, fueron los que dieron origen- a los primeros tipos de concreto, entre ellos se encuentran: La cal común y la cal hidráulica según se tiene referencia histórica.

La cal común no se endurece por la acción del agua, es piedra caliza calcinada pura que produce cal viva y que cuanto está apagada por el agua y mezclada - con arena se forma un mortero, el cual se endurece por la absorción del - - bióxido de carbono y gas carbónico existente en la atmósfera.

La cal hidráulica que se endurece por la acción del agua, forma una calcina-- ción de una piedra caliza conteniendo impurezas de sílice, alúmina y óxido de -

fierro formando nuevos componentes, los cuales tienen propiedades de resistencia y fraguado bajo la acción del agua al combinarse con los agregados pétreos.

Los egipcios usaban como material cementante, el yeso impuro calcinado. Los griegos y romanos usaban piedra caliza calcinada y posteriormente al descubrimiento que hicieron de la cal y cenizas volcánicas llamadas también puzolanas, incrementaron el uso de éstas últimas para la fabricación de sus concretos.

Este tipo de concreto fué usado durante los años del Emperador Julio César, - en la construcción del muelle Calígula y resistió durante más de 2,000 años, - soportando la erosión del agua que tenía 6.00 metros de profundidad dentro -- del mar en el puerto de Pozzuoli.

Otro tipo de cemento puzolánico es el santorín, usado por los griegos y denominado así, por obtenerlo de la tufa de la Isla de Santorin.

Estos cementos puzolánicos eran hechos por simple adición de la puzolana a la cal. Varias estructuras perduran hasta nuestros días superando las puzolanas a otros materiales cementantes semejantes usados en esa época.

Posteriormente en la Edad Media, sufre una declinación la técnica del uso de materiales cementantes y la fabricación del concreto con ellos. Sin embargo, por los siglos XV y XVI renace la tendencia al uso de las puzolanas y del -- concreto.

En 1756 John Smeaton, un ingeniero inglés, fué comisionado por el Parlamento para reconstruir el Faro Eddy Stone de la costa de Cornwall en Inglaterra. -- Este faro que estaba sujeto a la erosión por las constantes tormentas, requería

un material resistente. Smeaton decidió experimentar con diferentes cales y --  
puzolanas, haciendo pruebas de resistencia al agua salina y agua dulce en am-  
bos materiales. Después de un gran número de pruebas encontró que una pie--  
dra caliza impura y blanda que contenía una parte de barro, hacía mejor el -  
cemento hidráulico. Este tipo de cemento se usó en la fabricación del concre-  
to para la reconstrucción del Faro de Eddy Stone con mucho éxito.

Cuarenta años más tarde, Joseph Parker de Inglaterra, descubrió que haciendo  
la molienda de una piedra caliza impura, en un molino de bolas se obtenía un  
cemento de cierta finura, que denominó cemento romano, dado que su color -  
era semejante al del antiguo cemento romano.

En 1813, Vicat en Francia y en 1822 James Frost en Inglaterra, iniciaron la -  
fabricación de un cemento a base de piedra caliza y arcilla.

En 1850 David O. Taylor descubrió que un tipo de roca encontrada cerca de -  
Coplay, Pennsylvania, al ser calcinada producía un material cementante que -  
daba origen a concretos de mejor calidad y en el mismo año instaló en Coplay  
una planta para la manufactura de este cemento natural. Las características -  
de éste dependían de la composición de la cantera. La roca era calcinada en  
altos hornos de cal, siendo ésta la base del producto terminado.

Se ha considerado a Joseph Aspdin como el descubridor del cemento portland.  
Sin embargo, hay que recordar que Smeaton 6 años antes había obtenido un --  
tipo de cemento similar. El nombre de Portland viene por la similitud de dure-  
za que tienen ciertos edificios de piedra encontrados en Portland, Inglaterra. -  
No obstante la máxima calidad de concretos producidos con el cemento fabri-  
cado por Aspdin, éste no admite comparación con los que se producen con el-

cemento de hoy en día.

El concreto simple sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero es débil a la tensión, lo cual limita su aplicación como material estructural. Para resistir tensiones se emplean refuerzos de acero, generalmente en forma de barra. El concreto puede ser un material relativamente barato, resistente y fácil de - - construir.

A las cualidades antes mencionadas hay que anotar otras ventajas importantes, su disponibilidad, el uso de materiales locales, su versatilidad y su adaptabilidad.

Además el concreto es el único material de construcción en el que el ingeniero puede personalmente ordenar su producción dentro de límites fijados por el mismo, para hacer frente a los requerimientos de un trabajo específico como durabilidad, resistencia, etc.,. La versatilidad del concreto lo hace excepcionalmente deseable para la aplicación de la producción en casi cualquier forma y acabado. Es el material ideal para muchos usos.

Los agregados pétreos ocupan por lo menos el 75 % (setenta y cinco por ciento) del volumen del concreto, por consiguiente es de esperarse que las propiedades de aquellos tengan un efecto determinante en las propiedades y comportamiento del concreto.

Los agregados originales fueron considerados como un material inerte, pero de hecho no lo son y sus propiedades químicas y físicas tienen gran influencia en el comportamiento del concreto, por lo que el control de calidad de los agregados pétreos que intervienen en la elaboración del concreto es de suma importancia.

El concreto es un material pétreo artificial, obtenido de la mezcla en proporciones determinadas de cemento, agregados y agua. El cemento y agua forman una pasta que rodea a los agregados constituyendo un material heterogéneo. -- Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos o adicionantes, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

La elaboración del concreto comprende varios aspectos, los cuales deben ser -- satisfechos debidamente, pues cualquiera de esas operaciones que no satisfagan las condiciones necesarias pueden traer como consecuencia, la presencia de defectos tanto en su apariencia como en su resistencia; por lo que el control -- cuidadoso de todas las operaciones se hace sumamente importante para lograr obras de concreto de buena calidad y larga duración.

El control de calidad del concreto mediante ensayos de compresión en el campo, es asegurar la producción de concreto uniforme y de la resistencia y calidad deseada.

Los métodos estadísticos proporcionan una herramienta valiosa para la interpretación de resultados de ensayos de resistencia; la información que proporcionan también es valiosa para refinar los criterios de diseño y las especificaciones.

Todos estos aspectos se describirán en los capítulos posteriores.

## II.- AGREGADOS PÉTREOS.

Puesto que el agregado ocupa por lo menos tres cuartas partes del volumen de concreto, no es de sorprender que su calidad reviste considerable importancia.

El agregado limita la resistencia del concreto, puesto que un agregado de baja calidad no puede producir un concreto resistente y además afecta la durabilidad y el comportamiento estructural del concreto.

El agregado se consideraba originalmente como un material inerte, pero de -- hecho éste no es realmente inerte y sus propiedades físico-térmicas y algunas veces también químicas, incluyen sobre el comportamiento del concreto.

Puesto que el agregado es más barato que el cemento y por lo tanto, resulta económico, ponen un máximo de agregado y un mínimo de cemento, para tener como resultado una mezcla óptima que cumpla con las condiciones de calidad, pero la economía no es la única razón por la que se utiliza este material, ya que el agregado contiene considerables ventajas técnicas al concreto, el cual no tiene más estabilidad de volumen y mejor durabilidad que la pasta de cemento sola.

### A) TIPOS DE YACIMIENTO.

Los sitios o fuentes probables de abastecimiento de agregados pétreos por -- emplear en la elaboración de concretos se clasifican de la siguiente manera:

#### 1.- BANCOS DE RIOS.

2.- MINAS.

3.- ARENAS Y GRAVAS VOLCANICAS.

4.- ARENAS DE PLAYAS MARITIMAS.

5.- CANTERAS.

#### 1.- BANCOS DE RIOS:

Los bancos de ríos son aquellos depósitos de cantos rodado y arena que en ciertos casos se les designa como "Playones", los cuales se encuentran en -- las riberas y cauces de los ríos abandonados o actuales. Los cantos rodado -- también son identificados como boleó, precisamente por su forma; con este material se puede producir concretos que reúnan las mayores ventajas (manejabilidad y economía), por lo que debe preferirse sobre cualquier otro tipo siempre y cuando satisfaga las especificaciones de calidad, tamaño necesario y bajo costo de explotación. Sin embargo, las arenas de ríos en zonas tropicales contienen comunmente una gran cantidad de materia orgánica que resulta perjudicial para el concreto.

Este tipo de yacimientos son explotados por lo general en épocas de estiaje.

#### 2.- MINAS

Las minas están formadas por depósitos de materiales fragmentados que se cubrieron posteriormente con otro tipo de terrenos. Estos materiales se -- asemejan en parte a los bancos de ríos o depósitos lacustres, pero debido a que están cubiertos, es preciso proceder a su explotación, abriendo galerías o atacando grandes frentes, lo cual eleva considerablemente el costo de -- explotación.

### 3.- ARENAS Y GRAVAS VOLCANICAS:

Los agregados volcánicos suelen encontrarse en las faldas y zonas próximas a los volcanes, se encuentran constituidos con basaltos, andesitas y tobas porosas, como por ejemplo: el tezontle, la piedra poméz, el tepetate, etc.

### 4.- ARENAS DE PLAYAS MARITIMAS:

Las arenas de las playas marítimas debido a la constante clasificación que sufren por las corrientes del mar (oleajes) y por el viento, se extienden en grandes zonas y se encuentran constituidos por material fino cuyas partículas son casi todas del mismo tamaño; para utilizar este tipo de agregados pódreos es necesario mezclarlo con otros de diferente procedencia, con el fin de mejorar su granulometría.

### 5.- CANTERAS

Las canteras son bancos de explotación de agregados que se encuentran en las laderas de los cerros y montañas. Su explotación se hace en forma abierta parcial o total atacando uno o varios frentes laterales del cerro o de la montaña. el material resultante es sometido a trituración para reducir los tamaños de las partículas se obtienen agregados de buena calidad, se elige una roca sana (no atacada por los agentes del intemperismo) y de estructura uniforme. Se aconseja eliminar las rocas tales como: pizarras, esquistos y otras que presentan planos de fracturas ya que al someterlas a trituración se obtendrían lascas que son indeseables en el concreto por la necesidad de tener que aumentar el contenido de arena y cemento para lograr una mezcla manejable.

El material triturado o de aristas vivas se utilizará cuando no sea posible o económico emplear cualquier otro tipo de agregados, ya que origina altos consumos de cemento y proporciona concretos de poca manejabilidad con un costo de explotación más alto que el del material de boteo.

A continuación se describen los grupos, clasificaciones y características de las rocas.

**ROCAS:** Se les llama así a los grandes volúmenes de materia sólida, compuesta de uno o varios minerales que forman la corteza terrestre.

Las rocas fracturadas o trituradas se emplean como agregados para concretos hidráulicos y pavimentos asfálticos. Las arenas y las gravas son conjuntos de pequeñas partículas de rocas.

según la Geología se tienen tres grandes grupos de rocas atendiendo al mecanismo de formación y son las siguientes:

**Rocas Igneas:** Estas rocas se forman al enfriarse y solidificarse el magno fluido que existe en las profundidades terrestres. Si el enfriamiento ocurre en la superficie terrestre, como por ejemplo en las erupciones volcánicas resultan las rocas extrusivas, que generalmente se caracterizan por una estructura fina, con cristales pequeños que no tuvieron tiempo suficiente para alcanzar grandes dimensiones debido al enfriamiento rápido en el exterior.

Cuando el magma se enfría en las profundidades de la corteza terrestre, da lugar a las rocas ígneas intrusivas, que generalmente son de apariencia granítica, o sea formada su estructura por granos o cristales de los diferentes mi-

nerales que las integran. Generalmente afloran a la superficie terrestre por efectos de la erosión quedando disponibles para su uso.

**Rocas Sedimentarias:** Todas las rocas de la superficie terrestre están sometidas a muy diversos agentes destructivos, como la oxidación, carbonización, cambios de la temperatura, lluvia, etc., se provoca el disgregamiento y la transformación química de los componentes de las mismas. Estos productos son llevados al fondo de las depresiones existentes en la corteza terrestre, ya sea arrastrados por el agua o por el viento y ahí se sedimentan formando capas o estratos, que se compactan o se consolidan adquiriendo nuevamente cierta cohesión. Esta se obtiene ya sea por la simple compactación de las capas formadas bajo su propio peso o por la cementación que pueda producir sales o compuestos químicos que invaden los vacíos entre partículas, uniéndolas entre sí.

Existen también rocas sedimentarias formadas por residuos animales o vegetales, que son características de las cercanías de los yacimientos petrolíferos.

**Rocas Metamórficas:** Frecuentemente las rocas ígneas o las sedimentarias se ven sometidas a condiciones diversas bajo las cuales sufren cambios o transformaciones en su estructura y en su composición, dando lugar a rocas con características diferentes, llamadas metamórficas.

Los agentes del metamorfismo suelen ser:

- a) Grandes presiones.
- b) Temperaturas elevadas.
- c) Agentes químicos.

**ROCAS COMUNES EN MEXICO.****a) Rocas Igneas extrusivas.**

1) RIOLITA.- Son rocas con estructura fluidal, con sus cristales de cuarzo - alargados y siguiendo la dirección de la corriente. Su aspecto es de bandas - irregulares pero con cierta tendencia al paralelismo, suele ser de color rojo - oscuro y colores claros estrados. Es dura y resistente, sin embargo, tiende al lajeado en la trituración. Su empleo es variado desde mampostería hasta - como agregado para concreto.

2) ANDESITA.- Es una roca fácilmente alterable a la intemperie, por lo -- cual su principal uso es en la pavimentación de calles, calzadas o carreteras formando revestimientos, sub-base o base para mampostería o concreto es -- poco recomendable.

3) BASALTO.- Es una roca efusiva característica de muchos volcanes en -- nuestro país, es generalmente de color gris que va desde el muy claro hasta prácticamente el negro. Existen variedades compactas de color oscuro y gra no muy fino que recibe el nombre de diabasas, cuya elevada dureza las hace útiles para superficies de desgaste o como agregados triturados para concte-- to, sin embargo, la propia dureza representa de por sí un obstáculo para su - explotación económica. Se utiliza mucho para mampostería y pavimentos em-- pedrados.

4) TOBAS, BRECHAS Y ARENISCAS VOLCANICAS.- Los materiales prove-- nientes de erupciones explosivas se llaman piroclásticos y muy frecuentemen

te se consolidan y cementan, dando lugar a las tobas, brechas y areniscas, que provienen respectivamente del lapilli, gravas y arenas volcanicas. El lapilli, es una especie de grava de pequeño diámetro.

Uno de los materiales más frecuentemente utilizados para mampostería son las tobas, de las cuales se encuentran las tobas riolíticas. (cantera rosa de Morelia); Tobas pumíticas con piedra pómez, utilizada en filtros para agua; - tobas andesíticas y tobas basálticas, todas ellas con cierta resistencia a los esfuerzos. La Traquita y la dacita son raras en México.

#### b) Rocas Igneas intrusivas.

1) GRANITOS.- Es la roca intrusiva más conocida. Su estructura es a base de cristales de esos minerales que han tenido la oportunidad de formarse en un enfriamiento lento.

Los granitos son rocas sumamente duras y tenaces difíciles de tallar o triturar. Se les emplea en la construcción de mamposterías y en pavimentos principalmento.

2) DIORITAS.- Son rocas semejantes al granito, de color gris plomo visto de lejos y con estructura granular al observarse de cerca. Se pueden localizar en el estado de Michoacán cerca de Zitácuaro y sobre la carretera de Uruapan a Apatzingan.

Estas rocas pueden considerarse como un buen material de construcción, son duras o sea resisten al desgaste o abrasión por lo cual puede usarse con ventajas en pisos.

3) GABRO.- Se encuentra en el norte del país, es muy resistente y por lo --

tanto aconsejable como material de construcción, su textura es granitoide, - generalmente de gris oscuro.

**c) Rocas sedimentarias.**

**1) GRAVAS Y ARENAS.-** Son materiales constituidos por fragmentos de rocas resultantes de la disgregación de éstas.

Las gravas o arenas llegan a cementarse uniendo firmemente sus partículas con otros materiales (calcáreos ferrosos o arcillosos que dan una resistencia decreciente según el orden indicado. Las gravas de río se convierten así en conglomerados, las gravas angulosas en brechas y las arenas en areniscas.

**2) LIMOS.-** Son materiales granulares, de partículas de pequeño diámetro, - menor que la arena, no tiene cementación y se usa para completar la granulometría fina de algunos materiales granulares de construcción.

**3) ARCILLAS.-** Materiales con partículas extremadamente finas, con propiedades plásticas muy notables, que representan su mayor problema en ciertos tipos de obras.

**4) ROCAS EOLICAS.-** Son depósitos de partículas (medanos) también pueden mencionarse los tepetates formados por arenas, limos y arcillas, adquiriendo cierta cementación.

**d) Rocas metamórficas.**

**1) MARMOLES.-** Proceden de la metamorfización de calizas, generalmente a base de una alta temperatura.

2) CUARCITA.- Roca proveniente de la metamorfización de areniscas cuarzosas, es sumamente dura.

3) PIZARRAS.- Son arcillas de estructura laminar que han sufrido un proceso de metamorfismo, convirtiéndose en una roca estratificada, que se explota en forma de planchas.

## II) EXPLOTACION.

Cuando los reconocimientos preliminares y las explotaciones efectuadas en determinado yacimiento de agregados pétreos indican la conveniencia de su empleo, por haber observado la buena calidad de éstos y la existencia de un volumen suficiente, se deberá proceder a su explotación.

La explotación de un yacimiento debe hacerse bajo la dirección y supervisión de un técnico capaz, que esté perfectamente enterado de este tipo de trabajo y con el uso de explosivos, ya que con ello se asegurará la obtención de materiales de tamaños apropiados a un precio razonablemente bajo.

La explotación de un cierto yacimiento se inicia por el desmonte del terreno que cubre las capas de roca útil y en casos de arena y gravas de río, -- con la eliminación de material extraño que las cubre o tierra vegetal si se trata de una mina.

La capa de tierra que suele existir sobre los mantos de material útil, comúnmente se acostumbra remover mediante el empleo de equipo mecánico apropiado, que depende en todos los casos de la importancia del yacimiento y obra en que los agregados se pretendan emplear.

Los pasos que se siguen para la obtención de agregados pétreos empleados en la elaboración del concreto hidráulico, son los enumerados a continuación:

- 1.- Localización de yacimiento o yacimientos y referencia de ellos mediante poligonales u otros procedimientos; a líneas o puntos conocidos y fijos, como por ejemplo: kilometraje de caminos cercanos, mojoneras, bancos de nivel, - etc.

2.- Explotación de yacimientos y ejecución de los sondeos que se requieran para obtener muestras representativas del material existente del espesor del extracto y del material de despilme, con el fin de calcular el volumen de material útil resultante.

3.- Estudios previos del laboratorio en las muestras obtenidas, para conocer sus características físicas, composición mineralógica y clasificación petrográfica cuando esto último se requiera.

4.- Explotación de yacimientos utilizando equipo apropiado y métodos aceptados por el ingeniero Supervisor.

5.- Cribado preliminar del material para separar el agregado grueso del fino y poder determinar sus porcentajes existentes.

6.- Clasificación final de arena y grava.

7.- Almacenamiento en sitio.

8.- Transporte a la obra.

#### EXPLOTACION EN ROCA.-

Se seguirá el criterio dependiendo que tan fisurada esté la roca, se atacará a mano ( con barreta o cuña, etc., ) ó ataque mecánico, (arado o ripper). También se pueden usar explosivos. Dinámita, la potencia se especifica como

un porcentaje del peso de nitroglicerina al peso total del cartucho, el porcentaje de nitroglicerina varia generalmente de 40 a 50 %, para la detonación se hace pasar una corriente eléctrica a través de un puente alambri-- cado situado dentro de la capsula, una corriente de 1.5 amperes, la cual calienta el puente que hace detonar el explosivo.

#### **EQUIPO DE PERFORACION.-**

Estos se seleccionan basandose en el tamaño de la obra, tipo de roca, profundidad, diámetro de los ahujeros, producción requerida y topografía del terreno y éstos pueden ser:

- 1.- Taladro de percusión: Este taladro quiebra la roca en partículas pequeñas debido al impacto del golpe.
- 2.- Taladro abrasivo: Muele la roca en partículas pequeñas debido al efecto abrasivo de una roca que gira en el ahujero.
- 3.- Martillo o perforador: Es un taladro neumático por percusión, semejante a martillo por su tamaño requiere un montaje mecánico.
- 4.- Taladro de Vagoneta es una perforadora montada sobre un mastil sustentada por 2 ó más ruedas. Ejemplo para obtener el rendimiento de excavación en roca fija material tipo III, empleando explosivos.

#### **EJEMPLO**

Datos.

Profundidad del barreno 3.0 metros.

Separación de los barrenos 2.5 metros.

Velocidad de perforación: 3.5 ML/hora.

Explosivos dinamita 4 % empleando 0.300 kg/M3.

Compresora para 4 pistolas de 350 pies 3/minutos y 75 % de eficiencia.

CICLO: TIEMPO DE PERFORACION.

$$T : \frac{\text{distancia}}{\text{velocidad}} = \frac{3.00}{3.5} = 0.86$$

$$T = 0.86 \text{ hra.} = 51.6 \text{ minutos}$$

Preparación del terreno 5.0 minutos

Conexiones (detonador) 10

Total tiempo 66.6 minutos

Eficiencia 80 %

$$\text{CICLO REAL} = \frac{66.6}{0.8} = 83 \text{ minutos} = 1.38 \text{ horas}$$

CANTIDAD DE ROCA EXPLOTADA POR BARRENO:

$$2.5 \times 2.5 \times 3 = 18.75 \text{ M3}$$

$$\text{Cantidad de dinamita } 18.75 \times 0.30 = 5.62 \text{ Kg/dinamita/barreno}$$

$$\text{Pistolas efectivas } 0.75 \times 4 = 3$$

$$\text{Con 3 pistolas} = 18.75 \times 3 = 56.25 \text{ M3}$$

$$\text{Rendimiento por hora} = \frac{56.25}{1.38} = 40.8 \text{ M3/hora}$$

C) ASPECTOS DE LOS AGREGADOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD Y UNIFORMIDAD DEL CONCRETO

Las características básicas, físicas y químicas de los agregados no pueden - - -

alterarse por procesamiento; aunque puede reducirse la cantidad de ciertas partículas dañinas. La preparación y el manejo afectan propiedades tan -- importantes de los agregados como la graduación uniformidad del contenido de humedad; limpieza, y en el caso de agregados triturados la forma de la partícula; por consiguiente tiene una influencia importante sobre la calidad del concreto.

Los factores económicos serán los que determinen el grado de procesamiento que puede llevarse a cabo para tratar de obtener las propiedades deseables.

Los procesos empleados normalmente para obtener agregados con las propiedades deseables son los siguientes:

**a) PROCESAMIENTO BASICO:**

El procesamiento básico para alcanzar principalmente graduaciones adecuadas y limpieza de los agregados son los siguientes:

1) TRITURACION Y MOLIENDA: La piedra, la escoria y las partículas grandes de grava, requieren trituración para obtener una distribución adecuada de tamaños. La molienda se emplea algunas veces para producir arena; - - cuando se tritura la grava para producir partículas angulosas se pueden reducir las cantidades deseadas de fracciones grandes e intermedias y se puede incrementar indebidamente el número de partículas de tamaño fino.

También existe la posibilidad de que las partículas adquieran formas no deseables que puedan perjudicar la trabajabilidad o aumentar la cantidad necesaria de agua para el concreto.

La trituración puede usarse para reducir las cantidades de partículas suaves y desmezurables en agregados gruesos; algunos trituradores de impacto se adaptan bien a la trituración "Selectiva", el material que se rompe se elimina ya sea cribado o por clasificación.

a).- Etapas de trituración:

1.- Trituración primaria: En esta primera etapa se recibe la piedra directamente del banco y se produce la primera reproducción en tamaño, que puede expresarse como una relación de reducción que es la proporción de la distancia entre la cosa móvil y la fija en la parte superior de la quebradora dividida entre la distancia del fondo. Ejemplo: para que una quebradora de quijadas que tenga 28 pulgadas de ancho en la parte superior y el fondo 4 pulgadas, la relación de reducción será de 1 a 7.

Las máquinas más empleadas en ésta etapa de trituración son la quebradora de quijada, giratoria y molino de martillos.

2.- Trituración secundaria: En esta etapa de trituración se logra reducir la piedra a tamaños uniformes y firmemente triturados, las trituraciones más empleadas son: Las cónicas de rodillo y molino de martillos.

3.- Trituración terciaria: Es aquella en donde la piedra queda reducida a agregados finos o polvo, las trituradoras más empleadas son: de rodillos, molino de barras y molino de bolas.

**SEPARACION POR GRAVEDAD ESPECIFICA:**

En muchos depósitos las fracciones dañinas son de una gravedad específica - menor que el material de buena calidad. Se puede sacar ventaja de estas -- características en diversos procesos de beneficio:

a).- Agua y aire a alta velocidad.- Los materiales ligeros tales como madera, desperdicios y algunos lignitos, pueden separarse en una corriente rápida de agua que arrastre el material flotante y permita que los materiales ligeros floten en la superficie, de tal manera que puedan separarse.

b).- Clasificadoras hidráulicas.- Consiste esencialmente de una caja con fondo perforado en la cual se forma un lecho de separación por medio de una corriente intermitente de agua, las pizarras, pedernales, maderas, desperdicios, etc.

c).- Separación magnética.- La separación del hierro de la escoria de altos hornos aprovechando características electromagnéticas es muy efectiva, cuando el hierro se encuentra en forma metálica y se han liberado de la escoria que lo rodea por trituración o molienda.

2) CRIBADO.- El cribado es el principal proceso para lograr la graduación adecuada del agregado grueso, aunque es muy común el cribado en seco de piedra triturada o de escoria de altos hornos, a veces es necesario aplicar agua durante el proceso de cribado para separar las partículas finas que puedan estar presentes en el material. En el caso de grava, generalmente se aplica agua durante el cribado para lavar el material y para que la arena se separe más fácilmente del agregado grueso, normalmente el cribado se emplea únicamente en partículas mayores que la abertura de la malla No. 8 aunque existen excepciones.

3) LAVADO.- EL lavado se efectúa para separar el limo, la arcilla y el exceso de arena fina. Generalmente se inicia aplicando agua durante el cribado y se completa con la separación de las partículas muy finas por medio de clasificación de aguas, si el agregado contiene arcillas, grumos de lodo ó impurezas orgánicas en tales cantidades y tan finamente ligadas que el lavado ordinario no pueda limpiar adecuadamente el material, puede ser necesario emplear lavadores especiales.

4) CLASIFICACION EN AGUA.- La determinación de tamaños y el control de la graduación de las partículas más finas se realizan generalmente por medio de la clasificación en agua para este propósito, se emplea una gran variedad de dispositivos pero todos están basados en las diferentes velocidades de sedimentación de los diferentes tamaños de partículas que pasan la malla 200 .

La clasificación en agua no puede emplearse para tamaños mayores de 0.6

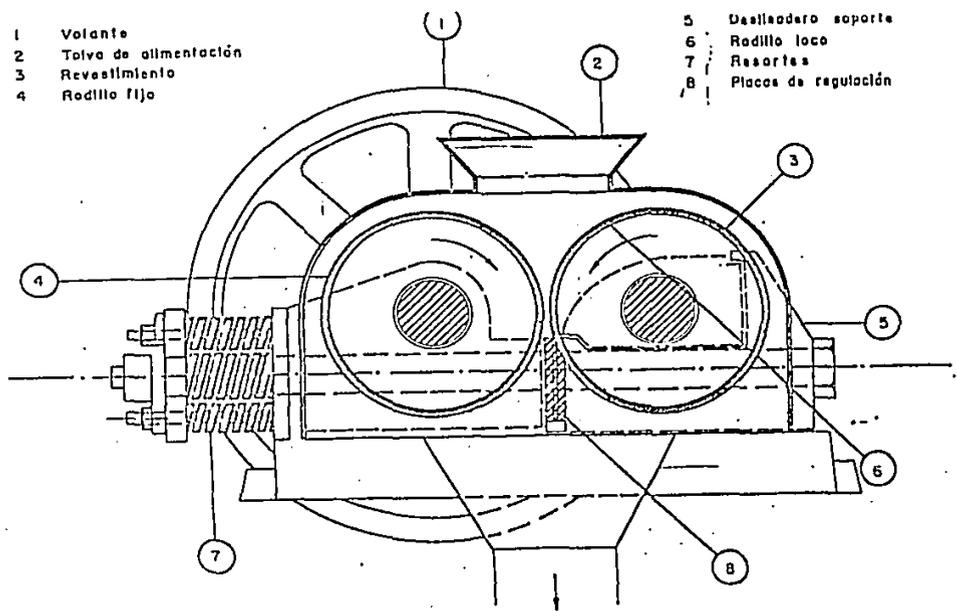
centímetros. La determinación de tamaños no es precisa como en el método de cribados; sin embargo la graduación puede controlarse con suficiente precisión por medio de premezclado a pesar de que existen tamaños que se suponen.

#### 5) BENEFICIO PARA SEPARAR LOS CONSTITUYENTES DAÑINOS.

Beneficio es un término empleado en la industria minera para describir el incremento de calidad de un material cuando se separan las fracciones no deseables. El éxito del proceso depende de las diferencias importantes que existan en las propiedades físicas de los constituyentes deseados o indeseables, tales como: dureza, densidad y elasticidad, por consiguiente el método que debe emplearse depende de la naturaleza de los depósitos individuales.

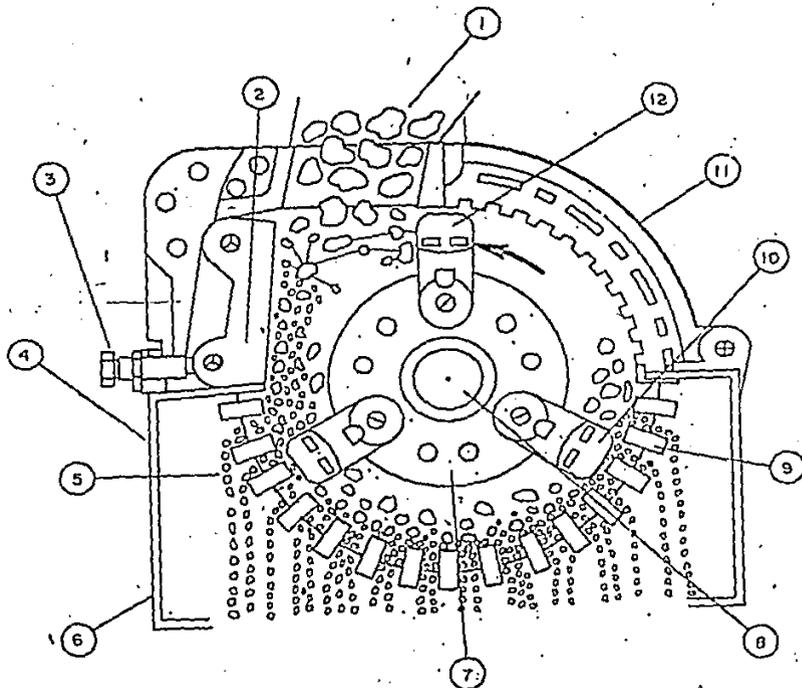
- 1 Volante
- 2 Tapa de alimentación
- 3 Revestimiento
- 4 Rodillo fijo

- 5 Deslizador soporte
- 6 Rodillo loco
- 7 Resortes
- 8 Placas de regulación



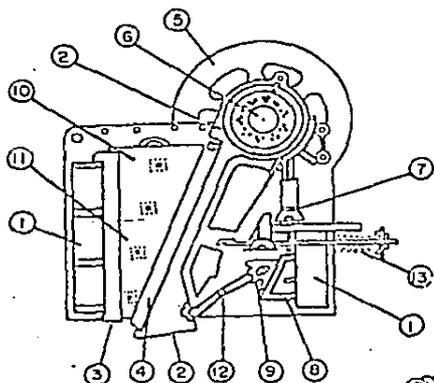
TRITURADORA DE RODILLOS

- 1.- Alimentación
- 2.- Placa de rampimento
- 3.- Punto de ajuste
- 4.- Clara
- 5.- Área de rejilla
- 6.- Armadura principal
- 7.- Rotor de acero
- 8.- Eje
- 9.- Barras de la rejilla
- 10.- Martillos cambiablos
- 11.- Cúberta
- 12.- Acción del martillo



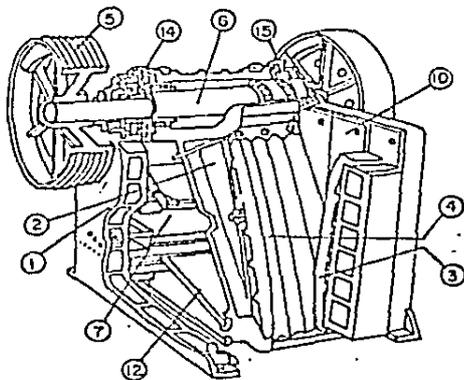
MOLINO DE MARTILLOS EQUIPADO CON UN ROTOR





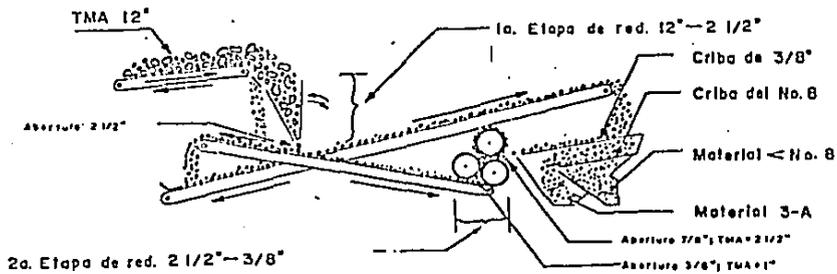
- |    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| 1  | BASE                                |
| 2  | PORTACUIJADA MOVIL                  |
| 3  | QUIJADA FIJA                        |
| 4  | QUIJADA MOVIL                       |
| 5  | VOLANTE                             |
| 6  | CJE DE LA EXCENTRICA                |
| 7  | RUECA DE AJUSTE                     |
| 8  | CUÑA DE TIRO                        |
| 9  | CUÑA DE EMPUJE                      |
| 10 | PLANCHA SUPERIOR DEL CACHETE        |
| 11 | PLANCHA INFERIOR DEL CACHETE        |
| 12 | PLACA DE ARTICULACION               |
| 13 | CONJUNTO DEL RESORTE DE TEN<br>SION |

- |    |                           |
|----|---------------------------|
| 14 | ANILLOS ANTIFRICCIONANTES |
| 15 | CAJAS PARA COJINETES      |



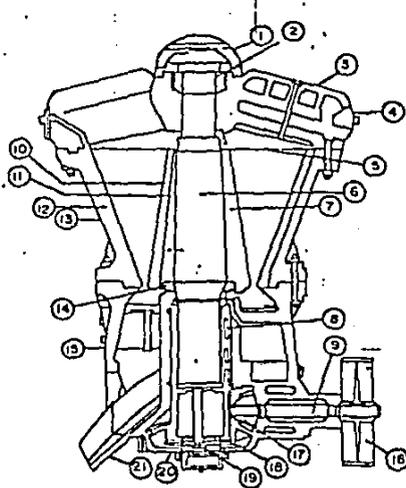
TRITURADORA DE QUIJADAS DEL TIPO DE ARTICULACION SIMPLE

DIAGRAMA DE FLUJO



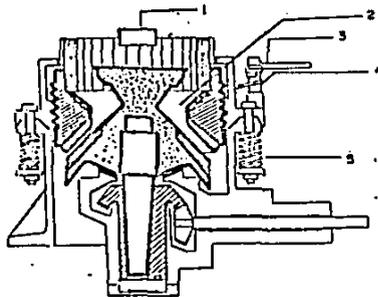
## TRITURADORA GIRATORIO DEL TIPO "SUPERIOR MC CULLY"

- 1 Cubierta de la araña
- 2 Tuerca de ajuste y collar (con seguro)
- 3 Cubierta del brazo de la araña
- 4 Brazo de la araña
- 5 Tuerca del cabezal
- 6 Flecha principal
- 7 Cabezal triturador de una sola pieza
- 8 Chumacera excéntrica
- 9 Contraflecha o eje matriz
- 10 Revestimiento del cabezal triturador
- 11 Cuerpo central del cabezal
- 12 Cóncavos de la cámara de trituración
- 13 Armadura superior
- 14 Sello contra polvo lubricado por gravedad
- 15 Armadura principal
- 16 Paleta
- 17 Piñón y engrane de acero forjado
- 18 Placa de desgaste
- 19 Bomba de aceite de flujo positivo
- 20 Placa de fondo
- 21 Canaleta de descarga



## MOLINO DE CONOS "SYMONS" DE CABEZA CORTA. —

- 1 Admisión de los materiales
- 2 Cámara de trituración
- 3 Mando de trinquete
- 4 Cable de mando de la rotación de la pieza cóncava
- 5 Resorte de seguridad



**MANEJO DE AGREGADOS:**

Es muy importante manejar en forma adecuada los agregados para que tengan un buen comportamiento.

Por el contrario, un material básicamente bueno, puede conducir a resultados de calidad inferior si no se maneja adecuadamente, a continuación daremos las recomendaciones principales referentes a agregados:

- 1.- La segregación en el agregado grueso puede reducirse a un mínimo, cuando se separa en fracciones de tamaños aproximados, los cuales se introducen a la mezcladora en forma separada.
- 2.- Las fracciones de menor tamaño que el especificado de cada una, deben mantenerse en un mínimo práctico, siempre menor que la cantidad permitida por las especificaciones y ser uniformes, particularmente los tamaños menores.
- 3.- Las pilas se formaran en capas horizontales o de pendiente pequeña, evitandose pilas cónicas o cualquier procedimiento de descarga que implique que los agregados rueden en las pendientes de las mismas.
- 4.- Los camiones y los tractores no deben pasar sobre las pilas, ya que con taminan y rompen las partículas.
- 5.- Cuando se depositan los agregados en la planta mezcladora, se deben adoptar medidas efectivas para obtener una separación precisa de los - - -

tamaños dentro de los límites de las especificaciones; ésto puede lograrse por cribado final o dedicando especial atención a los procedimientos de apilamiento, de tal manera que se logre una separación adecuada entre las pilas; las gruas operaran de manera que no se mezclen los agregados de diferentes tamaños.

6.- Las tolvas de almacenamiento tendrán la menor sección horizontal posible y los fondos las pendientes hacia el centro con ángulos no menores de  $50^{\circ}$  con respecto a la horizontal; y llenarse de tal manera que el material caiga verticalmente sobre la compuerta de salida.

7.- No pueden mezclarse satisfactoriamente dos tamaños de arena colocandolos alternadamente en pilas o camiones.

Si es necesario mezclar los tamaños para mejorar la granulometría, ésto se hará alimentando un flujo común con los diferentes tamaños, por medio de bandas transportadoras o cargadoras.

Cuando se emplean dos o más tamaños de arena, es preferible introducir las a la mezcladora separadamente.

8.- No se debe permitir que el viento sople sobre la arena seca.

9.- Hasta donde sea posible la arena húmeda debe secarse hasta que alcance un grado uniforme de humedad. Generalmente se logra un estado satisfactorio en 48 horas ó menos.

### TRANSPORTE:

El transporte de los agregados debe ser cuidadosamente vigilado, desde el punto de vista de las variaciones que en este movimiento pueda tener el material de que se trata.

La atención que se preste a este aspecto llega a su mínimo cuando se tiene un máximo de subdivisiones, puesto que en estas condiciones el manejo de los materiales origina menos alteraciones granulométricas que en otros casos.

### CONTROL DE LA FORMA DE LAS PARTÍCULAS:

La forma de la partícula en agregados triturados depende del equipo de trituración empleado. No puede darse una regla universal, porque se ha encontrado que el equipo que produce formas aceptables de partículas con un tipo de roca, no necesariamente da formas aceptables con otra clase de roca, -- este es un problema para el fabricante que se menciona aquí, para el usuario puede prevenirse.

Normalmente podrá observar la forma de la partícula antes de asentar el agregado. En algunos casos particularmente en proyectos grandes, el usuario puede efectuar ciertos experimentos con el material para determinar por adelantado que clase de forma de partículas pueden producirse fácilmente.

### SELECCION DE AGREGADOS:

Un agregado de buena calidad consiste en partículas sin fractura resistente a la erosión, con graduación adecuada y sin partículas planas o alargadas que no pierden resistencia cuando se humedecen o se secan, cuya textura superficial es relativamente rugosa, con pequeña absorción capilar y sin minerales que interfieran con la hidratación del cemento o que reaccionen con los productos de la misma, de tal manera que produzcan una expansión excesiva; las otras propiedades no se pueden especificar tan fácilmente, por ejemplo: la conductividad térmica debe ser elevada si se quiere eliminar el calor del interior de una presa y baja en los muros de un edificio, en los cuales es importante el aislamiento.

Rara vez puede obtenerse un agregado ideal. El problema, es decir el comportamiento que se requiere en una situación dada y determinar hasta que grado es económico alcanzar éste. Es necesario valorar los agregados disponibles, todos los ensayos tienen limitaciones que restringen su confiabilidad; por consiguiente el registro de servicio si se puede interpretar debidamente, constituye una valiosa fuente de información. Ya que son muchas las causas por las que se deteriora el concreto y aún los expertos están a menudo en desacuerdo, en un caso determinado existe el peligro de rechazar un agregado basándose en que su comportamiento anterior haya sido deficiente.

Al seleccionar un agregado resulta económico exigir únicamente aquellas propiedades que sean importantes para el proyecto de que se trate. Como una

guía general se sugiere el siguiente criterio:

- a) Independientemente de su empleo, la granulometría del agregado debe ser adecuado y cumplir con ciertos requisitos razonables de graduación.
- b) Un agregado con forma indeseable de partículas no debe rechazarse necesariamente en favor de uno más caro y con mejor forma, si el costo adicional de cemento que se requiere para el primer agregado es menor que el -- costo extra que representa obtener el segundo agregado, siempre que el empleo de cemento adicional no sea perjudicial.
- c) No debe usarse un agregado que esté contaminado con materia orgánica, hasta tal grado que la contaminación interfiera materialmente con el fraguado del cemento.
- d) No se use un agregado que no produzca concreto de la resistencia requerida. Si ésta puede alcanzarse solamente con un factor de cemento excesivamente alto, probablemente el empleo de ese agregado no es económico.
- e) Un material que vaya a usarse en concreto que esté expuesto a la congelación y deshielo, debe ser capaz de producir concreto que sea resistente a la acción de la congelación.

El comportamiento del material puede determinarse por medio de su registro de servicio o por ensayos de congelación y deshielo.

f) Un material que se use en concreto que esté expuesto a la intemperie y -- que al mismo tiempo deba conservar una apariencia libre de defectos, estando esencialmente libre de partículas suaves que tengan una absorción capilar --

desfavorable; o que se manchen bajo la acción de la intemperie.

g) Un material que contenga o consista de sustancias que puedan reaccionar con las álcalis del cemento, de tal manera que produzcan una expansión -- excesiva. No debe usarse un concreto que vaya a estar expuesto a ciclos de humedecimiento, a menos que se especifique el empleo de cemento con -- bajo contenido de álcalis o que se use en cantidad adecuada de una puzolana apropiada, o que se especifiquen ambos factores.

h) En circunstancias especiales, el usuario de agregados puede desear materiales con propiedades térmicas o elásticas particulares, en tales casos debe esperar que dichos agregados resulten más costosos.

i) Puede ser deseable en algunos casos, agregados ligeros para producir concretos ligeros.

#### FORMA Y TEXTURA DE LAS PARTICULAS.

Además de las propiedades petrológicas del agregado, las características externas son importantes; primordialmente la forma de la partícula y su textura superficial. La forma de un cuerpo de tres dimensiones es difícil de describir y por lo tanto, conviene definir ciertas características geométricas de estos - cuerpos.

La Redondez Mide el filo o la angularidad de las aristas y esquinas de una - partícula y depende de la dureza y la resistencia de la abrasión de la roca - de donde proviene el agregado, así como del desgaste al cual la partícula ha sido sometida.

En el caso de agregados obtenidos por trituradoras, la forma de la partícula depende de la naturaleza de la roca original y tipo de quebradura.

#### TAMAÑO MÁXIMO Y SUBDIVISIONES:

##### (Clasificación)

Tamaño Máximo.- Esta bien establecido que el costo de un concreto resulta directamente influenciado por el tamaño máximo del agregado que se use, -- puesto que a mayor tamaño - menor contenido de cemento.

Considerando lo anterior, es conveniente definir este aspecto que permite obtener el concreto de la calidad deseada con el costo mínimo. En consecuencia, lo que define el tamaño máximo del agregado está en relación al tipo de la forma, amplitud de la misma, facilidad del manejo del concreto dentro de ella y espaciamiento del acero de refuerzo.

Resultaría contraproducente hacer un colado en que la amplitud de la forma y fácil acceso a la misma, permita usar agregados hasta de 152.4 mm. (6") de tamaño con agregados de 38.1 mm. (1½"); así como imposible tratar de meter agregados de 152.4 mm en formas o losas cuyo espesor sea de 100 mm.

Ahora bien, no siempre se encuentran los agregados de tamaño máximo adecuados al caso, pero juzgando que la calidad del concreto, en cuanto a durabilidad, puede mejorarse mediante el uso de una cantidad menor de lechada, la diferencia permite pagar la búsqueda a una distancia mayor de los agregados apropiados.

En consecuencia el tamaño máximo del agregado debe ser tan grande como sea posible, pero generalmente no mayor de las dos terceras partes del espaciamiento mínimo entre varillas de refuerzo o sección mínima de la forma.

Originalmente el espesor del recubrimiento no se toma como base para especificar el tamaño máximo del agregado, porque generalmente el concreto corre del centro de la forma hacia la superficie y ésta última puede ser ocupada por los materiales que libremente tengan acceso entre el refuerzo y la forma.

Los tamaños máximos recomendables para distintos tipos de estructuras pueden ser los siguientes:

Dimensión mínima en una sección	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO EN MM.			
	Muros, trabes y columnas reforzadas	Muros sin refuerzo	losas muy reforzadas	losas poco reforzadas
63 a 127	13 a 19	19	19 a 25	19 a 38
152 a 279	19 a 38	38	38	38 a 76
305 a 737	38 a 76	76	38 a 76	76
762 ó mayor	38 a 76	152	38 a 76	76 a 150

**Subdivisiones.**- Uno de los factores más determinantes a las características de un concreto es la subdivisión en que se encuentran los agregados, puesto que dicho concreto debe considerarse homogéneo para un mismo aspecto de la obra.

En muchas ocasiones parece lo más sencillo usar los agregados tal y como se encuentran en los bancos, sin ninguna subdivisión previa, ya que frecuentemente la formación granulométrica de ellos se apega bastante a las condiciones ideales que se deben usar, sin embargo esto no es conveniente puesto que los agregados en su explotación, transporte y almacenamiento, sufren movimientos que originan cambios verdaderamente notables en su granulometría, de tal manera que al tomar una cierta cantidad de ellos, pueden presentar características granulométricas verdaderamente distintas a las que inicialmente presentaban. En vista de esto, siempre será preferible separar los agregados en distintos tamaños porque así la relativa uniformidad de cada uno de los grupos reduce en un alto porcentaje la segregación debida a las diversas fases de la operación.

Las subdivisiones van generalmente de acuerdo con el tamaño máximo del agregado y con la clase de control que se requiera llevar en una obra. Debe considerarse como mínima la separación de arena y grava, pero siempre es conveniente y se obtienen mejores resultados cuando la grava todavía se subdivide en distintos grupos, así la subdivisión o clasificación que debe darse a los agregados es en términos generales la siguiente:

Para agregados con tamaño máximo de 380 mm (1½") convendrá tener arena o sea: material menor de 4.76 mm. (3/16"), grava con tamaño de 4.76 mm.

a 19 mm. (3/16" a 3/4"); y grava con tamaño de 19 mm. a 38 mm. (3/4" a 1 1/2"); si el tamaño máximo del agregado es de 76 mm. ó 152.4 (3" ó 6"); - las siguientes subdivisiones deberán ser precisamente en los tamaños indicados correspondiendo entonces a cada uno de los tamaños máximos de los agregados a tener 3 ó 4 subdivisiones en la grava.

Existen subdivisiones más o menos comunes cuando los tamaños máximos difieren de los citados anteriormente, que son los generales; es el caso cuando se busca un tamaño máximo de agregados que para satisfacer las condiciones que se establecen en los párrafos anteriores se haya definido como conveniente que tengan 50 mm (2") de tamaño máximo, en este caso las subdivisiones se harán respectivamente en los tamaños:

5 mm.; 13 mm.; 25 mm.; y 50 mm.;

ó sea

(3/16" ; 1/2" ; 1" ; y 2" ).

### III.- CONTROL DE MEZCLAS EN EL LABORATORIO

#### ESTUDIOS PREVIOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO EN EL LABORATORIO.

##### a) Materiales pétreos:

En este inciso se pretende describir las principales pruebas físicas que deben efectuarse en el laboratorio a los agregados pétreos y requisitos que éstos - deben cumplir para ser empleados en la elaboración de concreto.

Los agregados pétreos que se emplean en la elaboración de un concreto con sisten de arena y gravas naturales o artificiales y de rocas trituradas.

##### 1.- RESISTENCIA DEL AGREGADO.

Es lógico pensar que la resistencia a compresión de un concreto no puede - ser mayor que la de los agregados que contienen dicho material; sin embar- go, es difícil de probar la calidad del agregado por sí solo y la información requerida, por lo general tendrfa que obtenerse mediante pruebas indirectas tales como: resistencia a la trituración de muestras de rocas, valores - - - de trituración de arenas y gravas a granel y comportamiento del agregado en el concreto.

Esto último se refiere a la experiencia que hay entre la relación de un - - agregado dado en una mezcla cuya resistencia se conoce con otros ya apro- bados, si la muestra bajo prueba nos l'eva hacia una de menor grado de --

culidad y en particular si un gran número de partículas del mismo aparecen fracturadas después de haberse realizado las pruebas de compresión a la - - muestra de concreto, entonces la resistencia del agregado es más baja que - la nominal a la compresión del concreto, en el cual dicho agregado está incorporado y por lo tanto, sólo puede ser usado en concretos de menor resistencia. Es posible que la influencia del agregado en la resistencia del concreto se deba no únicamente a la resistencia mecánica del agregado, sino también en un grado considerable a sus características de absorción y adherencia.

En general la resistencia y la elasticidad del agregado dependen de su composición, textura y estructura, ésto se puede explicar si una baja resistencia puede ser por la debilidad de los granos constituyentes, o bien el grano puede ser fuerte pero no está bien ligado o cementado.

El módulo de elasticidad del agregado no hay que subestimarle, ya que el -- del concreto es generalmente más alto a medida que aumenta el del agregado que lo constituye; afecta también la magnitud de afluencia y contracción del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ROCAS EMPLEADAS COMO AGREGADO PARA CONCRETO.

TIPO DE ROCA	RESISTENCIA A LA COMPRESION EN K.G/CM2	
	Máximo	mínimo
Granito	2,622 KG/CM2	1,167 KG/CM2
Felsita	5,365 KG/CM2	1,223 KG/CM2
Caliza	2,454 KG/CM2	949 KG/CM2
Arenisca	2,447 KG/CM2	450 KG/CM2
Mármol	2,489 KG/CM2	520 KG/CM2
Cuarcita	4,310 KG/CM2	1,265 KG/CM2
Esquísto	3,030 KG/CM2	928 KG/CM2

Un buen valor medio de la resistencia a la trituración del agregado es de = 2,100 kg/cm<sup>2</sup>; aunque hay algunos agregados excelentes que muestran valores tan bajos como 800 kg/cm<sup>2</sup>.

Como se nota, la resistencia del agregado es considerablemente mayor que el normal del concreto, y ésto se debe a que los esfuerzos reales en los puntos de contacto entre partículas individuales dentro del concreto puede exceder ampliamente el esfuerzo de compresión nominal aplicado.

Por otra parte, los agregados de resistencia baja y modulo pequeño de elasticidad, pueden ser de valor en la preservación de la durabilidad del concreto. Los cambios en el volumen del concreto ya sean por razones microscópicas o térmicas, reducen los esfuerzos en la pasta del cemento cuando el agregado

Es compresible. Por lo tanto, la compresibilidad de éste reduciría el esfuerzo en el concreto, mientras que un agregado fuerte y rígido podría ocasionar el agrietamiento de la pasta de cemento que lo rodea.

Es importante mencionar que no hay ninguna relación entre la resistencia y el módulo de elasticidad en los agregados.

## 2.- PRUEBA DEL VALOR DE TRITURACION.

Esta es una de las pruebas para conocer la resistencia del agregado a granel.

El material que se va a probar, debe pasar el tamiz de  $\frac{1}{2}$  pulgada (12.7mm) y quedar retenido en una malla de  $\frac{3}{8}$  de pulgada; (9.5 mm) aún cuando no se tienen estos tamaños se pueden usar partículas de otras medidas, aunque las superiores a las normales darán en general más valores a los extremos.

La muestra debe secarse en horno de 100 a 110°C durante 4 horas para colocarse entonces en un molde cilíndrico y sellarse.

Se pone un émbolo en la parte de arriba del agregado y el conjunto se mete en una máquina de prueba de compresión donde se somete a una carga de 40 toneladas; presión de 225 kg/cm<sup>2</sup> sobre el área general del émbolo, con incrementos graduales de carga durante 10 minutos; después de quitada el agregado se remueve para tamizarlo en un cedazo de 2.4 mm (No. 7), si la muestra tiene un tamaño standat de 127 a 9.5 mm ( $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{8}$  de pulgada).

La relación de peso del material que pasa por el tamiz al del total de la muestra se llama: el valor de trituración del agregado.

### 3.- ADHERENCIA DEL AGREGADO.

La adherencia entre el agregado y la pasta de cemento es un factor importante en la resistencia del concreto.

La adherencia se debe en parte a la trabazón entre el agregado y la pasta por la aspereza de la superficie del primero.

Cuando se emplean partículas trituradas con una superficie más áspera, el resultado es una mejor adherencia; se obtiene ésta también con el empleo de partículas suaves, porosas y mineralógicamente heterogéneas.

Generalmente las partículas cuya textura superficial no permite penetración, no produce una buena adherencia, además ésta es afectada por otras propiedades físicas y químicas del agregado relacionadas con su composición química y mineralógica, y con la condición electrostática de la superficie de la partícula. Por ejemplo, puede existir alguna adherencia química en el caso de los agregados de caliza y tal vez de silicio, y en la superficie de partículas pulidas se pueden desarrollar algunas fuerzas capilares, sin embargo, se sabe poco sobre estos fenómenos y por consiguiente es necesario basarse en la experimentación para predecir la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento que lo rodea.

La determinación de la calidad de adherencia de un agregado es bastante difícil y no existen pruebas aceptables.

Generalmente cuando la adherencia es buena, una muestra de concreto triturado, mostrará algunas partículas de agregado fracturadas dentro de la masa, además de la proporción más numerosa de aquellas arrancadas enteramente.

mente de sus lugares.

Un exceso de partículas fincturadas puede sugerir que el agregado es demasiado débil, debido a que la resistencia de la adherencia depende de la resistencia de la pasta, así como de la superficie del agregado; dicha resistencia aumentará con la edad del concreto.

#### 4.- TENACIDAD O DETERMINACION DEL VALOR DEL IMPACTO EN LOS- AGREGADOS.

Hay varias propiedades mecánicas del agregado que revisten interés, especialmente cuando éste ha de usarse en construcción de carreteras o se va a someter a mucho desgaste.

Es posible determinar el valor del impacto en el agregado a granel y está relacionado con el valor de trituración (inciso No. 2) ambas pruebas pueden usarse como alternativa. El tamaño de las partículas probadas, es el mismo que la prueba de valor de trituración, y deben también ser iguales los valores tolerados de la fracción triturada menores que un tamiz no. 7 ó 2.4mm.

El impacto se aplica por medio de un martillo standard que cae 15 veces - bajo la acción de su propio peso sobre el agregado, que está dentro de un recipiente cilíndrico. Esto produce una fragmentación similar a la causada por la presión del émbolo en la prueba de valor de trituración.

En la Norma Británica 882: 1965 se prescriben los siguientes valores máximos para el promedio de muestras aplicadas:

- \_ 30 % si el agregado se va a usar en concretos sometidos a gran desgaste.
- \_ 45 % para otros concretos.

Estos valores son guías útiles, pero resulta claro que no es posible obtener una correlación directa, entre el valor de trituración y el comportamiento real del agregado en el concreto o en la resistencia del mismo.

Esta prueba tiene la ventaja que se puede realizar en el campo, cambiando las cantidades de peso por volumen.

#### 5.- PRUEBA DE ABRASION (DORRY).

Se usa una muestra cilíndrica similar a las que se usan en la prueba de resistencia a la trituración, se somete a desgaste por arena de cuarzo, que se oprime contra el cilindro mediante un disco de metal giratorio. El valor de la abrasión se expresa como 20 menos de la tercera parte de la pérdida de peso del cilindro en gramos.

Las piedras buenas tienen un valor de abrasión de 17; y las de un valor menor de 14 se consideran pobres.

Esta prueba esta en desuso, pero sin embargo, existe la prueba de abrasión de la Norma Británica 812:1960:

Se elaboran partículas de agregado entre 12.7 y 9.5 mm. ( $1/2''$  y  $3/8''$ ); cuyo volumen total es de 33,000 mm<sup>3</sup> sobre una charola, en una sola capa -- usando un compuesto de fraguado. La muestra se somete a abrasión en una máquina standard cuyo disco abrasivo gira a 800 r.p.m.; mientras que la -- arena de Leighton Buzzard (arenas de cuarzo) se mete constantemente en -- una taza prescrita. El valor de abrasión del agregado se define como el porcentaje de la pérdida de peso causada por ésta, de modo que un valor alto denota una menor resistencia a la misma.

## 6.- PRUEBA DE LOS ANGELES.

En ésta se examina tanto el rozamiento como la abrasión y es la más usada en nuestro medio, puesto que sus resultados muestran una correlación - extremadamente buena, no sólo con el desgaste real del agregado cuando se usa en el concreto, sino también con las resistencias del concreto producidas con tales agregados.

En ésta prueba se coloca un agregado de granulometría especificado en un tambor cilíndrico que está montado horizontalmente, con un anaquel en el interior; se añade una carga de bolas de acero y se aplica al tambor un número especificado de revoluciones, el choque entre el agregado y las bolas de acero, da como resultado la abrasión y el rozamiento del agregado.

## 7.- PRUEBA DE DEVAL.

Se usan agregados a granel, se toman partículas de un peso total conocido, para someterlos a desgaste en un cilindro de hierro que gira 10,000 veces - a razón de 30 ó 33 r.p.m. La proporción de material quebrado que se expresa como porcentaje, representa el valor de rozamiento.

La prueba puede llevarse a cabo con agregado seco o húmedo. Un valor de rozamiento de 7 a 8 suele considerarse como el máximo permisible, pero la prueba tiene el inconveniente de no dar más que pequeñas diferencias numéricas para agregados muy distintos.

Esta prueba es obsoleta, pues se anuló en 1971.

## 8.- CONTENIDO DE IMPUREZAS EN LA ARENA PARA LA ELABORACION - DEL CONCRETO.

El objeto de la prueba es determinar si la materia orgánica contenida por la arena está dentro de los límites para utilizarse en la fabricación del concreto.

La arena por estudiarse debe homogenizarse antes de tomar la muestra, de ésta se deposita en un biberón hasta 4.5. onzas sin compactar la muestra.

Se hace una solución de agua con hidróxido de sodio al 3 % tomando la precaución de que esté bien diluida la sosa cáustica, de ésta se deposita hasta 7 onzas en el biberón donde se está efectuando esta determinación, la cual se agitará durante un minuto para luego dejarla reposar durante 24 horas.

A las 24 horas se revisa el color del líquido suspendido en la arena, el color límite permisible que nos indicará que la arena puede aceptarse es el No.3 que será el amarillo ambar.

### IDENTIFICACION DE LOS COLORES

- COLOR CERO - CRISTALINO
- COLOR UNO - POCO TURBIO
- COLOR DOS - CAFE CLARO
- COLOR TRES - AMARILLO AMBAR

COLOR CUATRO - CAFE OSCURO

COLOR CINCO - CAFE MUY OSCURO

Del color cero al tres la arena esta dentro de los límites de especificación.

#### 9.- PESO VOLUMETRICO

Cuando el agregado se maneja por volumen es necesario conocer el peso - que llenaría cierto recipiente de volumen unitario.

Este peso se usa para convertir cantidades en peso, a cantidades en volumen o viceversa.

El peso volumétrico depende de cuan densamente sea "empacado" el agregado así mismo, el tamaño, la distribución y la forma de la partícula del agregado.

Las partículas de un mismo tamaño pueden empacarse sólo hasta un cierto límite, pero las de menor tamaño pueden caber en los huecos y éstos aumentarían el peso volumétrico del material empacado. Las formas de las partículas afecta grandemente el grado de empaque que puede alcanzarse así por ejemplo en un agregado grueso de un peso específico dado, un peso volumétrico alto significa que hay huecos por llenarse con arena y cemento

y la prueba de éste tiene que usarse como base para proporcionar las mezclas.

El peso volumétrico real de un agregado depende directamente del grado de compactación de cada caso, por lo tanto para fines de pruebas, éste debe ser especificado (suelto o compacto).

La prueba se lleva a cabo en un cilindro metálico de diámetro y altura prescritos, que dependen del tamaño máximo del agregado y de que el peso volumétrico se vaya a medir en un material compactado o no.

Para determinar el peso volumétrico suelto, el agregado seco se pone suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame, a continuación se nivela haciendo pasar una varilla.

Para determinar el peso volumétrico compactado, el recipiente se llena en tres capas y cada tercio del volumen se apisona con una varilla de punta de toma de 16 mm. de diámetro un número determinado de veces y se nivela al igual que en caso anterior.

El peso neto del agregado dentro del recipiente dividido entre su volumen, representa el peso volumétrico para uno y otro grado de compactación.

$$P_{vss} = \frac{P_{ss}}{v}$$

$P_{ss}$  = Peso del material seco o suelto.

$v$  = Volumen

#### 10.- ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE LOS AGREGADOS.

Absorción.- Los agregados pétreos generalmente se almacenan en sitios -- próximos a la obra, en donde quedan a la intemperie y como es natural se encuentran expuestos a los cambios atmosféricos, por lo que al presentarse una lluvia, absorben agua hasta quedar completamente sobresaturados. Como en la dosificación de mezclas de concreto se requiere controlar perfectamente el agua de mezcla que interviene directamente en la reacción química con el cemento, es necesario conocer la humedad de los agregados pétreos, para hacer ajustes en el agua de mezcla, con el fin de que ésta permanezca inalterable.

La absorción se acostumbra a expresarla en porcentos con respecto al peso seco.

$$W \% = \frac{P_w - P_s}{P_s} \times 100$$

$W$  = % de absorción

$P_w$  = Peso del material saturado y superficialmente seco.

Ps = Peso del material seco.

La absorción del material fino se hace con 100 gr. y 500 gr. para el material grueso.

Determinación de la densidad de la arena.-A la muestra por ensayar deberá eliminarse el retenido de la malla No. 4, se pondrá a saturar un litro de este material durante 24 horas, para esta prueba debe estar el material saturado y superficialmente seco, ésto se verifica empleando el cono de - - - Abrams y su pisón.

El cono tiene las siguientes medidas: altura 5.7 Cm., diámetro superior 4 cm. y 9 cm. del inferior, con un peso del pisón de 346 gr. , y la base debe ser de 2.4 cm. de diámetro.

Es dato muy importante el tener saturada y superficialmente seca el arena, ésto se consigue llenando el cono con la muestra y dándole 25 pisonadas en partes hasta llenar éste, una vez realizado, se saca el cono y la arena moldeada debe formar un ángulo de 45 grados, ésto nos indica que está saturada y superficialmente seca.

De este material se pesan 300 gr. para determinar la densidad de la arena - utilizando el frasco Chapmann.El material pesado se registra como P, se -- pesa el frasco vacío y su valor será "F". El volumen es de  $450 \text{ cm}^3$  y se identifica con "V", y "K" es igual al peso del frasco con agua y arena.

El material antes mencionado se deposita en el frasco, el cual para acelerar el proceso debe contener agua hasta la mitad del 1er. bulbo, para después llenarlo hasta el aforo  $450 \text{ cm}^3$  y sacarle el aire girándolo con la -- palma de la mano reponiéndolo con agua para encontrar el valor de K.

Sustituimos los valores en la siguiente fórmula para encontrar la densidad.

$$W = K - ( F + 300 ).$$

Determinación de la densidad de la grava.- Se muestra el material tomando - aproximadamente 500 gr., eliminando las partículas planas "Lajas" o fracturadas y el tamaño estará comprendido entre 1/2 y 1 pulgada, se pone el material a saturar durante 24 horas, se saca y se pone a secar superficialmente - con una franela o material absorbente pesandolo inmediatamente y su valor - se registra como P. Se llena el picnómetro con agua hasta el nivel de salida - y se deposita la muestra de material dentro de éste, para medir el volumen - por desalojamiento de agua, el agua será recibida en una probeta por la cual conoceremos el volumen de agua desalojada y la registramos como V.

Sustituimos en la formula  $D = \frac{P}{V}$

#### 11.- CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO .

El agregado expuesto a la lluvia recoge una considerable cantidad de humedad en la superficie de las partículas y con excepción de la de la pila, mantiene la humedad durante largos periodos; esto sucede sobre todo en agregado - - fino, y la humedad superficial libre ( que excede de la que contendría un - - agregado sin las condiciones de saturación, y superficialmente seco); deberá - tomarse en cuenta en el cálculo de las cantidades para la mezcla. La humedad superficial se expresa como porcentaje del peso del agregado saturado y superficialmente seco se llama: Contenido de humedad.

Puesto que la absorción representa el agua contenida en el agregado en - - una condición de saturación superficialmente seca y la humedad contenida --

es la cantidad de exceso con respecto a dicho estado; el agua total acumulada en un agregado húmedo es igual a la suma de la absorción y del contenido de humedad, como éste cambia con el estado del tiempo y también de una parte de la pila a otra, el valor del contenido de humedad debe determinarse frecuentemente, hay varios métodos, el más sencillo: el método del "sarten", que consiste en encontrar la pérdida de peso de una muestra del agregado que se ha secado mediante una fuente de calor, se debe tener cuidado para evitar el sobresecado.

La arena debe estar en condición de flujo libre, sin calentarse de más. Este estado puede determinarse por tacto ó formando mediante un molde un cono de arena, al quitar el molde, el material debe revenir libremente, si la arena ha adquirido un tono café, se tiene un signo muy seguro de sobresecado. En el laboratorio el contenido de humedad se puede determinar por medio de un "Pignómetro".

La formula es la siguiente:

$$GE = \frac{Ps}{V}$$

De donde:

$G E$  = gravedad específica en  $kg/dm^3$ ;  $gr/cm^3$ ;  $ton/m^3$ .

$P s$  = Peso del material saturado y superficialmente seco en kilogramos.

$V$  = Volumen sólido o absoluto del material.

Para el material fino, se hace con 500 gr. mediante el sifón vertedor ó el pignómetro; y para el material grueso con 800 a 1000 gr. en el pignómetro de boca ancha con placa de vidrio.

## 12 ANALISIS GRANULOMETRICO O GRANULOMETRIA.

El análisis granulométrico o granulometría de un agregado pétreo, consiste en el procedimiento manual o mecánico que se realiza con él para cuantificar su cribado mediante una serie de mallas de diferentes aberturas que lo separen en porciones que tienen partículas del mismo diámetro, las cantidades en peso de cada tamaño constituyen el total.

A partir de los pesos retenidos en cada malla, se calculan los porcentajes retenidos, los acumulados y los que pasan cada malla o criba, con los valores obtenidos como acumulados, se procede a trazar en una gráfica de -- valores límites granulométricos.

Arena: La arena debe estar formada por partículas de diferentes diámetros de tal manera que las pequeñas llenen los huecos dejados entre las mayores, o sea que en un volumen determinado del material, debe haber uno de -- vacíos reducido, con el objeto de disminuir la cantidad de cemento que -- satisfaga esa condición. En tal caso puede decirse que está bien graduada.

Para el análisis granulométrico de la arena, se requiere una muestra seca con un peso total de 500 a 1000 gr.

La muestra se cernirá en las mallas duras durante 10 a 15 minutos separando en charolas los retenidos correspondientes y posteriormente, se procederá a pesar cada porción en charolas taradas.

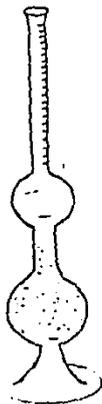
El agregado fino o arena puede consistir de material granulométrico natural, artificialmente ó una combinación de ambos con características complementarias o también de arena volcánica, generalmente gruesa puede mejorarse su graduación con una de rib fina.

El módulo de finura en una arena se encuentra sumando los porcentos acumulados hasta la malla No. 100 y dividiendo entre 100

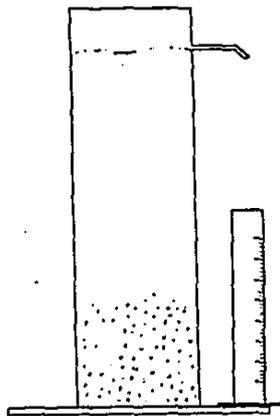
Módulo de finura:  $\frac{\text{mallas ( No. 4 + 8 + 16 + 30 + 50 + 100 )}}{100} = \text{retenido}$

El módulo de finura debe estar comprendido entre 2.15 y 3.38 para que la arena sea aceptable a los consumos de cemento, dentro de la zona de especificación de las normas standar.

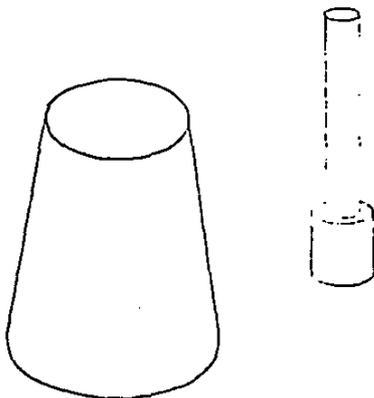
50-A



FRASCO DE CHAPMAN



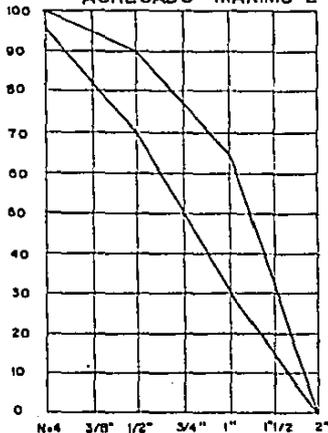
PIGNO METRO



CONO DE ABRAHAMS

## CURVAS GRANULOMETRICAS DE GRAVA

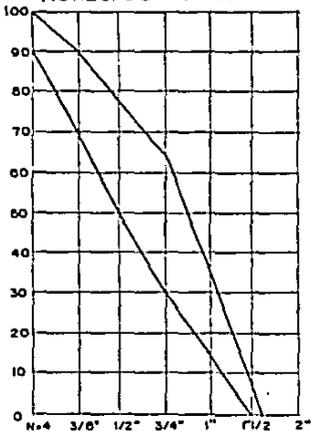
AGREGADO MAXIMO 2"



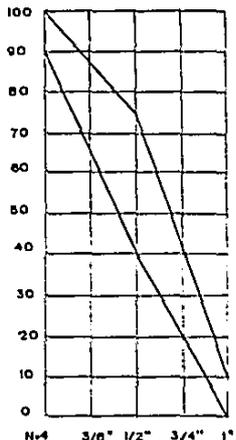
MALLA	PARA 2"	% AGRE. MAX.	RET. MIN.
2 1/2"	0	0	0
2"	5	0	0
1 1/2"	—	—	—
1"	65	30	—
3/4"	—	—	—
No. 4	100	95	—

MALLA	PARA 1 1/2"	% AGRE. MAX.	RET. MIN.
2 1/2"	—	—	—
2"	—	0	0
1 1/2"	5	0	—
1"	—	—	—
3/4"	65	30	—
1/2"	—	—	—
3/8"	90	70	—
No. 4	100	95	—

AGREGADO MAXIMO 1 1/2"



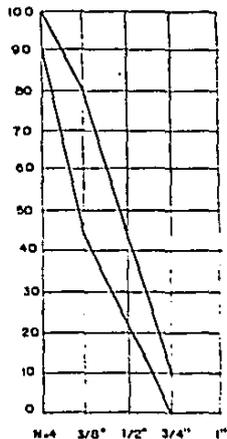
AGREGADO MAXIMO 1"



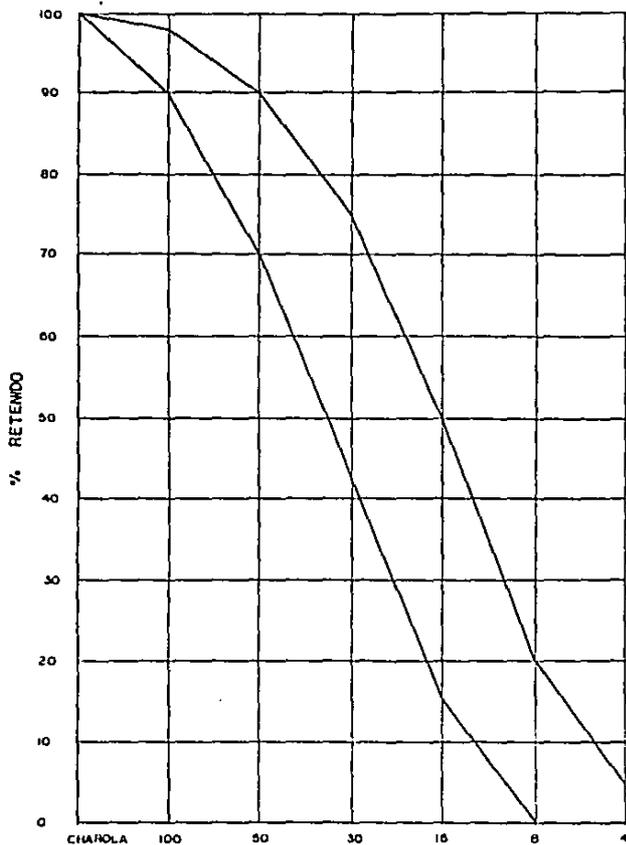
MALLA	PARA 1"	% AGRE. MAX.	RET. MIN.
2 1/2"	—	—	—
2"	—	—	—
1 1/2"	—	0	0
1"	10	0	—
3/4"	—	—	—
1/2"	75	40	—
3/8"	—	—	—
No. 4	100	90	—

MALLA	PARA 3/4"	% AGRE. MAX.	RET. MIN.
2 1/2"	—	—	—
2"	—	—	—
1 1/2"	—	—	—
1"	—	0	0
3/4"	10	0	—
1/2"	—	—	—
3/8"	60	45	—
No. 4	100	90	—

AGREGADO MAXIMO 3/4"



## COMPOSICION GRANULOMETRICA



ARENAS PARA CONCRETO

**Grava:** De una manera semejante a la del material fino, para esta prueba se toman cantidades de la muestra entre 10 y 15 kg.

La grava debe clasificarse de acuerdo con su tamaño máximo y además satisfacer las exigencias de porcentaje que pasan ciertas mallas.

La corrección de la granulometría mediante la selección del material al cribario por determinadas mallas, generalmente resulta costoso y poco práctico, por lo que es mejor superar sus características granulométricas mediante la adición de otro tipo de agregado fino que complemente las deficiencias o excesos que dé ciertos tamaños de partículas que se tengan con el fin de lograr un mejor graduado.

B) Agua para concreto: el agua es el elemento con el cual se verifican las reacciones de los diversos componentes del cemento. A tal respecto fuera del agua potable que ampliamente satisface los requisitos de calidad.

Cualquier otra mezcla con arcilla, sales solubles, agua dura o con presencia

de materia orgánica, siempre provoca descensos en las resistencias finales - de los concretos, pudiendo llegar hasta la desintegración de los mismos. Sin embargo, no todas las aguas que no son aptas para tomarse deben rechazarse; para ello conviene conocer su composición química y la resistencia de morteros hechos con ella comparativamente, respecto a otros hechos con -- agua potable. Si el agua en estudio da resistencias mayores del 85 % de las obtenidas con agua potable, puede aceptarse como buena.

Del agua que interviene en el proporcionamiento de una mezcla de concreto, el 25 ó 30 % entra al reaccionador con el cemento para proporcionar la resistencia de ésta y el resto actúa como lubricante entre los agregados y -- satura los poros de éstos.

#### "C" Cemento Portland.

El cemento Portland es un cementante hidráulico, el cual proviene de la -- pulverización fina del producto obtenido por calcinación a fusión incipiente de una mezcla íntima y debidamente proporcionada, de materiales arcillosos y calizas, sin más adición posterior a la calcinación que yeso natural.

Las materias primas fundamentales para la fabricación del cemento son: - La caliza o margu y los materiales arcillosos como el barro o pizarra. La combinación de estos materiales a la elevada temperatura que se tienen en los hornos de calcinación forma los compuestos que constituyen el cemento Portland. Además se pueden emplear otras materias primas para producir cementos especiales para la construcción de grandes masas de concreto o de obras hidráulicas y marítimas, o para proporcionar resistencia a los - sulfatos.

Estas materias primas son: Material férrico, hematita o escoria rica en óxido de fierro, material silicoso, cuarzo, arena, ceniza, escorias con elevado -- contenido en sílice.

Otra materia prima importante y esencial para obtener un buen cemento, -- es el yeso, sulfato de calcio, que sirve para controlar el tiempo de fraguado.

El proceso de fabricación del cemento Portland es el siguiente:

- 1.- Almacenamiento de las materias primas.
- 2.- Triturción
- 3.- Secado.
- 4.- Molienda.
- 5.- Calcínación.
- 6.- Enfriamiento.
- 7.- Molienda del cemento.

Tipos de cemento Portland.

Cubre cinco tipos de cemento que satisfacen los campos principales en los que son indispensables propiedades especiales, aunque se pueden obtener -- propiedades modificadas con el uso de aditivos.

TIPO 1.- Común o normal.- Para uso general, se caracteriza por tener alta resistencia mecánica y alta generación de calor durante su hidratación. No -- apto para concreto en masa.

TIPO II.- Modificado.- Este cemento presenta características intermedias -- entre el común por una parte, el de bajo calor y el resistente a los sulfatos

por otra. Con características de resistencia similares a las del cemento común, presenta menor calor de hidratación, mayor resistencia a los sulfatos, es en general adecuado para obras hidráulicas.

**TIPO III.-Cemento Portland de resistencia rápida.-** Este cemento tipo III, - está proyectado para usarse donde es necesario una elevada resistencia inicial, debido a la situación especial de la construcción.

Este cemento no puede ser almacenado satisfactoriamente por más de dos o tres semanas, porque el cloruro de calcio aumenta la velocidad de absorción de humedad y consecuentemente el deterioro del cemento.

**TIPO IV.- Cemento Portland de bajo calor.-** Genera al hidratarse menos calor que los otros cementos, reduce el agrietamiento debido a las grandes elevaciones de temperatura y la contracción consiguiente con la caída de la misma. Se pueden tomar otras medidas para el control de las temperaturas del colado en los materiales que constituyen el concreto y el uso de soluciones enfriadoras que se hacen circular por tuberías ahogadas en el concreto. Es especial para usarse en grandes masas de concreto, como en presas de gravedad en donde la elevación de temperatura resultante del calor generado durante su endurecimiento es un factor crítico.

**TIPO V.- Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.-** Es especial para usarse en construcciones expuestas a la acción severa de los sulfatos. - Se emplea en revestimiento de canales, alcantarillas, túneles, sifones y en general en todo tipo de estructuras que están en contacto con suelos y -

aguas subterráneas que contengan altas concentraciones de sulfato. La Generación del calor es baja.

De los cinco tipos disponibles sus componentes son los mismos, siendo variable la proporción en que se encuentran y la finura a que se lleva la molienda. El tipo I es el más usado y es el mejor cuando las condiciones son ordinarias.

**Cemento Portland Blanco.**- Contiene un bajo o nulo contenido de óxido férrico, de ahí su color blanco. En general a igual finura desarrolla resistencias más bajas que el tipo I. Este cemento se emplea generalmente para usos decorativos o arquitectónicos, terrazos, mosaicos, estucos, esculturas, etc., pudiéndose usar también para ciertos tipos de estructuras.

**Cemento Portland - Puzolana.**- Consiste en una mezcla íntima y uniforme de cemento portland y puzolana, la cual se obtiene a través de la molienda simultánea de clinker portland, puzolana y yeso. Las puzolanas se definen como materiales silíceos capaces de reaccionar con cal y en presencia del agua para producir compuestos cementantes.

Las puzolanas se emplean en los cementos para mejorar su resistencia química, trabajabilidad, reduce la generación de calor y contracción térmica, aumenta la impermeabilidad, mejora la resistencia al ataque de los sulfatos, además para producir la reacción alcali-agregado y reducir la segregación y sangrado.

**Cemento Portland - Escoria de Alto Horno.-** Es el producto que se obtiene por molienda simultánea de clinker portland, escoria granulada de alto horno y yeso.

El cemento alto horno portland es especialmente útil en concreto para obras hidráulicas o marítimas, pudiendose emplear además en cualquier tipo de -- estructuras.

A continuación se da una tabla de resistencias de los tipos de cemento a - intervalos diferentes en porcientos.

**RESISTENCIAS RELATIVAS APROXIMADAS DEL CONCRETO  
SEGUN EL TIPO DE CEMENTO.**

TIPO DE CEMENTO	TIEMPO DE PRUEBA			
	3 días	7 días	14 días	28 días
Normal		65-75 %	80-85 %	90 % mínimo
modificado		60-70 %	75-80 %	90 % mínimo
resistencia rápida	65-70%	90% mínimo		
de bajo calor		60-70 %	75-80 %	90 % mínimo
resistente a los sulfatos		60 - 70 %	75-80 %	90 % mínimo

Las pruebas físicas que se hacen a los cementos portland en el laboratorio son las siguientes:

1.- Tiempo de fraguado Vicat .

- 2.- Tiempo de fraguado Guillmore.
- 3.- Pruebas de tensión.
- 4.- Pruebas de fluidez.
- 5.- Resistencia a la compresión de mortero (arena, agua y cemento).
- 6.- Finura del cemento Portland por medio del turbidímetro.
- 7.- Expansión en autoclave del cemento Portland.
- 8.- Gravedad específica del cemento hidráulico.

Para efectuar las pruebas debe obtenerse una muestra del cemento del molino que abastecerá la obra o de preferencia en la misma, ésta última se realiza de manera diferente según la presentación comercial de ese material, si es el producto envasado en bolsas de papel, se escoje un saco de cemento de cada 40 y de él se extrae una pequeña muestra, que se mezclará con las de otros sacos escogidos de la misma manera. Cuando se tiene cemento almacenado a granel se ejecuta el muestreo con tubos perforados, que se clavan en el cemento hasta llegar al fondo, estas muestras parciales se reúnen para formar otra mayor.

La muestra debe ser en cantidad suficiente para los ensayos propuestos, dejando un margen para ensayos adicionales que pueden considerarse aconsejables. Las muestras de cemento deben enviarse en recipientes herméticos o por lo menos en paquetes a prueba de humedad.

**Especificaciones químicas del cemento.**

## REQUISITOS QUIMICOS

COMPONENTES	TIPO				
	I	II	III	IV	V
Bióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ , mínimo por ciento		21.0			
Oxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , máximo por ciento		6.0			
Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), máximo por ciento		6.0		6.5	
Oxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), máximo por ciento	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ):					
Cuando $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ es 8% o menor, máximo por ciento	2.5	2.5	3.0	2.3	2.3
Cuando $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ es mayor de 8%, máximo por ciento	3.0		4.0		
Pérdida por calcinación, máximo, por ciento	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Residuo insoluble, máximo, por ciento	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), máximo por ciento.				35.0	
Silicato dicálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) mínimo por ciento				40.0	
Aluminato tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) máximo por ciento.		8.0	15.0	7.0	5.0
Suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico, máximo por ciento.		58.0			
Ferroatuminio tetracálcico más dos veces el aluminato tricálcico $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ o solución sólida ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ como se indica posteriormente, máximo, por ciento					20.0

## Especificaciones físicas del cemento Portland.

Los cementos a que se refiere esta norma deberán satisfacer los requisitos que se anotan en el cuadro siguiente:

TIPOS	I	II	III	IV	V
<b>Finura, superficie específica, cm<sup>2</sup>/g. (nota 1)</b>					
<b>Método Turbidimétrico:</b>					
Valor promedio mínimo	1600	1600	-	1600	1600
Valor mínimo en cualquier muestra	1500	1500	-	1500	1500
<b>Método de permeabilidad al aire:</b>					
Valor promedio mínimo	2800	2800	-	2800	2800
Valor mínimo de cualquier muestra	2600	2600	-	2600	2600
<b>Sanidad (prueba al autoclave)</b>					
Expansión máxima en %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
<b>Tiempo de fraguado. (nota 2)</b>					
<b>Método Guillmore:</b>					
Fraguado inicial en minutos, no menos de	60	60	60	60	60
Fraguado final en horas, no más de:	10	10	10	10	10
<b>Método de Vicat:</b>					
Fraguado en minutos, no menos de:	45	45	45	45	45
<b>Resistencia a la compresión.</b>					
<b>Kg / cm<sup>2</sup> (nota 3).</b>					
<b>En probetas de mortero 1:3 en peso</b>					
<b>(arena standard).</b>					

Valores mínimos:	I	II	III	IV	V
a las 24 horas	--	--	19	--	--
a los 3 días	11	9	27	--	--
a los 7 días	20	18	--	12	18
a los 28 días	25	23	--	21	23
Calor de hidratación: (nota 4)					
a los 7 días en cal/g. máximo	--	70	--	--	--
a los 28 días en cal/g. máximo	--	80	--	--	--
Fraguado falso, penetración final, %					
mínimo (nota 5)	50	50	50	50	50

#### NOTAS:

1.- En la prueba de finura, cualquiera de los dos métodos especificados se podrá usar. Sin embargo en caso de controversia o cuando la muestra no satisfaga el requisito de finura mediante el método de permeabilidad al aire, se efectuará la prueba por el método turbidimétrico y el resultado que se obtenga será el decisivo.

2.- El interesado fijará el método de prueba en la determinación del tiempo de fraguado. En caso de no hacerlo o de controversia, el método de Vicat será el que rija.

3.- El interesado deberá fijar el tipo de prueba de resistencia. En caso de no hacerlo, la resistencia a la compresión será la que rija. La resistencia a cualquier edad deberá ser mayor que la correspondiente a la edad inmediata precedente.

4.- El requisito de calor de hidratación, se aplicará únicamente cuando así se estipule, y en este caso los valores especificados de resistencia para el tipo II, deberán reducirse al 80 %

5.- Este requisito se aplicará solamente cuando sea solicitado el método de determinación que deberá seguirse, será con pasta de cemento.

#### IV.- CALCULO DE PROPORCIONAMIENTO.

Existen muchos métodos de proporciónamiento y tienen un punto en común: establecer una proporción a base de cálculos ó empíricamente y luego comprobar la resistencia en muestras de ese concreto, dichas pruebas obligan -- con frecuencia a cambiar el proporciónamiento.

El diseño que se le dé a la mezcla debe llenar los siguientes requisitos:

- 1.- Una resistencia a la compresión mínima a los 28 días basada en el valor asumido por el diseñador de la estructura.
- 2.- Debe emplearse el tamaño máximo de agregado que permita una colocación y manejabilidad adecuada, algunas veces es también necesario tomar en cuenta el tipo de mezclador y el método de transporte, para suponer la manejabilidad requerida.
- 3.- La mezcla debe ser cohesiva para evitar la posibilidad de potosidad, entrada de agua y otros problemas asociados con la segregación.
- 4.- Obtener una durabilidad económicamente aceptable, usualmente se relaciona con la resistencia a la compresión al ser mayor ésta al concreto, es más durable.
- 5.- Revenimiento y trabajabilidad adecuada.

Las relaciones y facturas que hay que tomar en cuenta para calcular los -- proporciónamientos son por lo general los siguientes:

- Agua / Cemento.
- Grava / Arena
- Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.
- Densidad.
- Peso volumétrico suelto y varillado.
- Absorción.
- Módulo de finura.
- Tamaño máximo.
- Graduación de los materiales y forma de los mismos.
- Resistencia: debe fijarse la resistencia que requiere la obra.
- Trabajabilidad: De acuerdo con la estructura debe conocerse también el revenimiento.
- Cemento: debe conocerse el tipo, también se maneja el peso volumétrico, ( un saco de 50 kg. tiene aproximadamente 32 lts. de cemento). El peso específico es aproximadamente de 3.15 grs. por cm<sup>3</sup>.

**Agua/Cemento:** Esta relación es lo que caracteriza un buen concreto. Se trata de la relación entre la cantidad de agua de mezclado (libre de la absorción de los agregados) y el peso del cemento. Esta relación es más pequeña que 0.5 para concretos de alta resistencia y mayor de 0.65 para un concreto de baja resistencia.

**Grava/Arena:** Esta relación es de suma importancia y hay que tomar en cuenta que sea lo más alta posible, es decir que el concreto tenga el menor contenido de arena, lo recomendable del orden es del 30 a 40 por ciento, -- pues entre menos arena se tenga, el concreto requerirá menos consumo de -

cemento, tendrá menos contracciones por cambios volumétricos, por efectos de cambios de temperatura, mojado ó secado, lo que dá mayor durabilidad.

Se tendrá el inconveniente de tener un concreto de no muy fácil colocación, pero hay que tener en cuenta que un concreto áspero es bueno si se puede colocar eficientemente con el empleo de un vibrador.

A continuación se darán algunos de los métodos usados en el proporcionamiento hidráulico.

1.- Producciones empíricas.- Estas son relaciones que la experiencia ha verificado para materiales de una región, se emplean para obras de poca importancia, por ejemplo el proporcionamiento 1: 2: 4, se utiliza para concretos con un F'C= 140 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Morelia.

2.- Métodos de la tabla del A. C.I.

TABLA 1.- Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO CM.	
	MAXIMO	MINIMO
Muros y zapatas de cimentación reforzados.	12.5	5.0
Zapatas, cajones y muros de sub-estructura sin refuerzo	10.0	2.5
Losas, vigas y muros reforzados	15.0	7.5
Columnas de edificios	15.0	7.5
Pavimentos	7.5	5.0
Construcción de concreto en masa	7.5	2.5

Nota: Cuando se usen vibradores de alta frecuencia, los valores dados pueden reducirse a las dos terceras partes aproximadamente.

TABLA 2.- Tamaños máximos de agregados recomendados para varios tipos de construcción.

DIMENSION MI- NIMA DE LA SECCION. CM.	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO EN MM			
	muros reforzados, vigas y columnas.	muros sin refuerzo	losas muy reforzadas	losas con poco refuerzo.
6.5 - 12.5	12.7 - 19.0	19.0	19.0 - 25.4	19.0 - 38.0
15.0 - 28.0	19.0 - 38.0	38.0	28.0 - --	38.0 - 76.0
30.0 - 74.0	38.0 - 76.0	76.0	38.0 - 76.0	-- - 76.0
76.0 ó más	38.0 - 76.0	152.0	38.0 - 76.0	76.0 - 150.0

Basados en tamices de agujeros cuadrados.

TABLA 3.- Cantidad aproximada de agua de mezclado y para diferentes revestimientos y tamaños máximos de agregados.

REVENIMIENTO EN CM.	Litros de agua por metro cúbico de concreto para los tamaños máximos indicados de agregados.							
	9.5 mm	12.7 mm	19.0 mm	25.4 mm	38.0 mm	50.8 mm	76.0 mm	152.0 mm
	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO							
2.5 a 5.0	206	196	182	178	162	152	142	123
7.5 a 10.0	226	217	202	192	177	168	158	138
15.0 a 17.0	241	226	212	202	187	177	168	148
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin inclusor de aire, por ciento	3	2.5	2	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

## CONCRETO CON AIRE INCLUIDO

2.5 a 5.0	182	172	162	152	142	133	123	108
7.5 a 10.0	202	192	177	168	158	148	138	118
15.0 a 17.5	212	202	187	177	168	158	148	128
Porcentaje total reco mendado de aire, in- cluido por ciento	8	7	6	5	4.5	4.0	3.5	3.0
Complemento	de	la	tabla	NO.	3			

Estas cantidades de agua de mezclado, deben usarse al calcular los factores de cemento para las mezclas de prueba. Son cantidades máximas para agregados gruesos razonables buena y graduados dentro de límites establecidos por especificaciones aceptadas.

Las cantidades de agua de mezclado en la tabla No. 3 son para usarse en las mezclas de prueba.

Si se requiere una gran cantidad de agua, el factor del cemento calculado deberá aumentarse para tener la misma relación a/c del proyecto, excepto si los ensayos del laboratorio indican lo contrario para adquirir la resistencia deseada, como se puede apreciar en la tabla No. 3, aparecen los contenidos de agua disminuyendo éstos a medida que el agregado aumente de tamaño para un mismo rendimiento y tipo de mezcla. Es importante hacer notar que para un concreto con aire incluido se llevará menor cantidad de agua que el mismo concreto (revenimiento y agregado igual) sin aire incluido.

TABLA 4.- Resistencia a la compresión del concreto para varias relaciones agua - cemento

Relación agua-cemento por peso	Relación a la resistencia probable a la compresión a los 28 días	
	Concreto sin aire incluido	Concreto sin aire incluido
0.36	420	340
0.45	350	280
0.53	280	225
0.62	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

TABLA 5.- Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

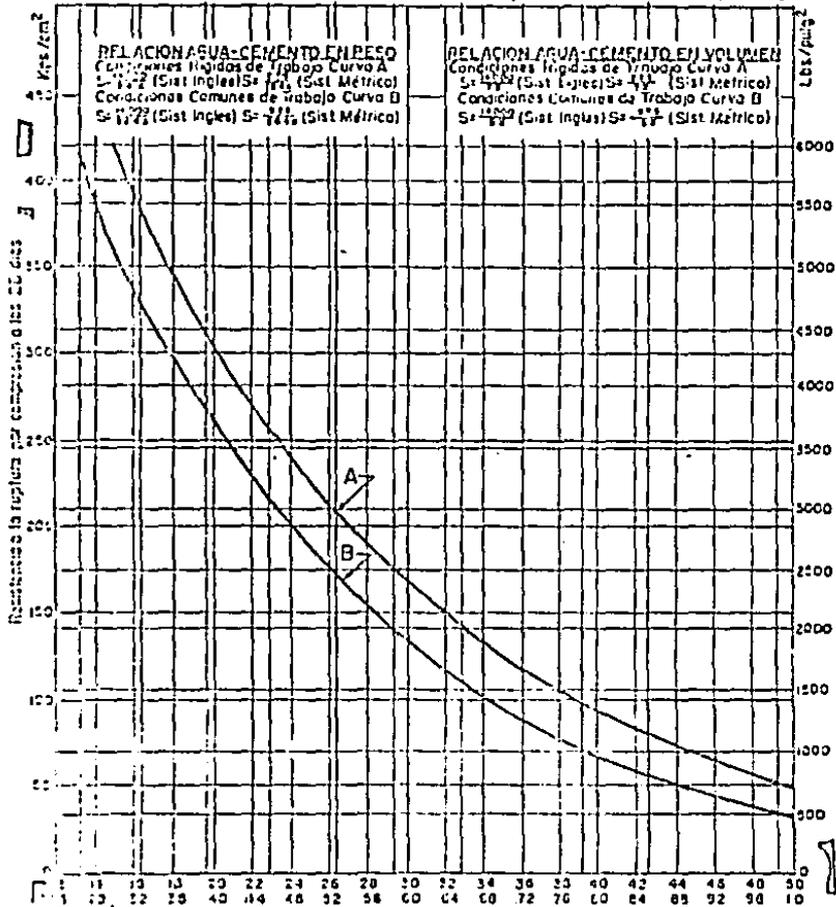
Tamaño máximo del agregado, mm.	Volumen de agregado grueso seco compactada con varilla por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.46	0.44	0.42	0.40
12.7	0.55	0.53	0.51	0.49
19.0	0.65	0.63	0.61	0.59
25.4	0.70	0.68	0.66	0.64
38.0	0.76	0.74	0.72	0.70
50.0	0.79	0.77	0.75	0.73
76.0	0.84	0.82	0.80	0.78
152.0	0.90	0.88	0.86	0.84

Los volúmenes están basados en agregados secos compactados con varilla.

**S. C. O. P.**  
**DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS**  
**DEPTO. DE ENSAYE DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS**  
**SECCION DE CONCRETO**

Relacion agua-cemento en volumen

0.4    0.5    0.6    0.7    0.8    0.9    1.0    1.1    1.2    1.3    1.4    1.5



**CURVAS DE ABRAMS**

CALCULO: ALBERTO OD.    JEFE SECCION: F. SANTOS O.

• VALI JAIME

DIBUJO: S. PACILLA B

JEFE DEPTO: ING. L. BALCAZAR P.





Ejemplo: Cálculo de proporcionamiento de mezcla de concreto en la ciudad de Morelia, Michoacán, por el método de las tablas del A.C.I. Se fija una resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, con base en la información de las tablas 1 y 2; así como de las experiencias previas, se ha determinado que deberá usarse revenimiento de 7 a 10 cm.; se usará un agregado no mayor de 38 mm. (1 1/2) disponible en la localidad (Banco Cerritos o Joyitas), se ha obtenido un peso volumétrico varillado en seco de 1600 kg/cm<sup>3</sup>, y una densidad de 2.68 para la grava y la arena de 2.64 con un módulo de finura de 2.8.

El proporcionamiento se calcula como sigue:

1.- Se usará concreto sin aire incluido y la relación agua/cemento, se establecerá únicamente con base en la resistencia requerida sin tomar en cuenta ningún aditivo.

2.- La relación agua/cemento necesaria para producir una resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup> en un concreto sin aire incluido se encuentra igual a 0.58 en la tabla 4, valor en peso.

3.- La cantidad de agua aproximada de mezclado necesario para producir un revenimiento de 7 a 10 cm. en un concreto sin aire incluido con 38 mm. de tamaño máximo de agregado, se encuentra igual a 177 lts/m<sup>3</sup> en la tabla 3.

4.- De la información obtenida en (2) y (3), se encuentra el contenido requerido de cemento igual a :

$$R = \frac{A}{C} ; C = \frac{A}{R} = \frac{177}{0.58} = 305.17 \text{ kg/M}^3$$

5.- De la tabla 5 puede estimarse la cantidad de agregado grueso, con una arena con módulo de finura de 2.8 y tamaño máximo del mismo de 38 mm. La tabla indica que puede usarse 0.72 m<sup>3</sup> de agregado grueso, compactado en seco, en cada m<sup>3</sup> de concreto, como el peso volumétrico la grava es de 1600 kg/m<sup>3</sup>, el del agregado grueso seco será de 1152 kg. por m<sup>3</sup> de concreto.

6.- Con las cantidades establecidas de cemento, agua, agregado grueso y el contenido aproximado de aire atrapado en forma casual (no incluido intencionalmente) tomado de la tabla 3, puede calcularse el contenido de arena como sigue:

$$\text{Volumen real del cemento : } \frac{305}{3.12} = 98 \text{ lts.}$$

Volumen de agua: 177 lts.

$$\text{Volumen real del agregado grueso: } \frac{1152}{2.68} = 430 \text{ lts.}$$

Volumen de aire atrapado:  $0.01 \times 1000 = 10$  lts. ( que es lo que establece el procedimiento A.C.I.)

Volumen total exceptuando la arena : 715 lts.

Volumen real de arena requerida :  $1000 - 715 = 285$  lts.

Peso requerido de arena seca :  $285 \times 2.64 = 752$  Kg.

Estos cálculos se hicieron considerando que los agregados se encontraron secos, pero lo más común es que se encuentren húmedos.

El agua por humedad sobresaturada de los agregados debe considerarse como parte del agua de mezclado.

	Absorción	Humedad al hacer la mezcla
Arena	0.7 %	Arena 5 %
Grava	0.5 %	Grava 10 %

Cálculo de la cantidad de agua libre que contienen:

$$\text{Arena} = 5.0 - 0.7 = 4.3 \%$$

$$\text{Grava} = 1.0 - 0.5 = 0.5 \%$$

Por lo tanto, la aportación de los agregados al agua de mezclado es igual.

$$\text{Arena} = 0.043 \times 752 = 32.34 \text{ Lts.}$$

$$\text{Grava} = 0.005 \times 1152 = 5.76 \text{ Lts.}$$

Entonces la cantidad de agua de mezclado que deberá añadirse es de:

$$177 - (32.34 + 5.76) = 138.90 \text{ Lts.}$$

Puesto que la cantidad requerida de arena seca fue de 752; la de la húmeda que deberá pesarse es de  $752 \times 1.05 = 790.00 \text{ kgs.}$

De igual modo, el peso del agregado grueso húmedo debe ser de  $1152 \times 1.10 = 1267 \text{ Kgs}$ , por lo tanto, las cantidades por M3 de concreto serán de:

Cantidades en peso por M3.

Cemento:	305 Kgs.
Agua:	139 Lts.
Arena:	790 Kgs.
Grava:	1267 Kgs.

A continuación llenamos el reporte de la siguiente manera:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
MATS.	VOL. ABSOLUTO	DENSIDAD	PESO X M3	PROP. EN PESO	PELO X 50	VOL. UNIT.	PROP. VOL.	VOL. REAL	PELO X M3	VALORES 1000
Cemento	97	3.12	305	1	50	31.09	1	16.03	305	97
Agua	139	1	139	0.46	23	139	4.47	23	139	139
Arena	299	2.64	790	2.59	129	113.26	3.64	48.86	790	299
Grava	465	2.68	1267	4.15	207	173.51	5.58	77.24	1267	465
									2539	1000

El contenido práctico de cemento por M3 de concreto es 305 Kgs.

El peso volumétrico del concreto fresco es de 2539 kg/cm<sup>3</sup>

Ejemplo: PROPORCIONAMIENTO POR VOLUMENES ABSOLUTOS.

DATOS DE PROYECTO	DATOS DE MATERIALES	DATOS DE LAS CURVAS
F'c = 180 kgs/cm <sup>2</sup>	materiales cem. arena grava	REL $\frac{A}{C}$ = 0.50
REV. = 7 - 10 cm.	PVSS 1515 1390 1315	
T.MAX. = 1. 1/2"	densidad 3.12 2.68 2.64	REL $\frac{G}{A_T}$ = 1.88
	Absorción - 1.35 1.09	
	T.M. - - 1 1/2	
	M.F. - 2.4 -	AGUA M3 = 168

Se prosede a sacar la relación agua - cemento en volumen real.

$$R = \frac{A}{C} : \frac{\frac{A}{\text{Densidad}}}{\frac{C}{\text{Densidad}}} \quad \text{de donde } R = \frac{A}{C} = 0.50$$

$$\text{Por lo tanto } R \text{ VOL.} = \frac{A}{C} = \frac{\frac{A}{\text{Densidad}}}{\frac{C}{\text{Densidad}}} = \frac{A}{C} \times \frac{3.12}{1} = 0.50 \times 3.12 = 1.56$$

$$R = 1.56 \text{ Volumen}$$

$$\text{Encontramos el cemento de } R = \frac{A}{C} \quad \text{Despejando } C = \frac{A}{R} = \frac{168}{1.56} = 107.7$$

$$\text{Cemento : } C = 107.7 \text{ Lts/m}^3$$

$$\text{Lechada} = \text{cemento} + \text{agua}, \text{ sustituimos } L = 107.7 + 168 = 275.70 \text{ Lts/m}^3$$

Agregados:

$$R = \frac{G}{A_f}, \quad R = \frac{\frac{G}{\text{Densidad}}}{\frac{A_f}{\text{Densidad}}} \quad \text{Sustituyendo } \frac{\frac{G}{2.64}}{\frac{A_f}{2.68}} = \frac{G}{A_f} \times \frac{2.64}{2.68}$$

$$R = 1.88 \times 0.99 = 1.86$$

Para encontrar agregados de 1000 = (cemento + agua)

$$G + A_f = 1000 - 275.70 = 724 \text{ Lts/m}^3$$

$$R = \frac{G}{A_f}; \quad G = R \times A_f; \quad \text{Sumamos } A_f \text{ en las dos partes de la igualdad y}$$

$$\text{tenemos } G + A_f = (R \times A_f) + A_f = (R + 1) A_f$$

$$A_f = \frac{G + A_f}{R + 1} \quad \text{Sustituyendo } = \frac{724.30}{1.86 + 1} = A_f = 253.25$$

Grava = Agregados - Arena

$$G = 724.30 - 253.25 = \underline{471.05 \text{ Lts./ M3}}$$

Pasamos a llenar el reporte de la siguiente manera:

MATS.	VOL. ABSOLUTO	DENSIDAD	PESO X M3	PROP. EN PESO	PESO X 50 KG.	VOL. UNIT.	PROP. VOL.	VOL. REAL	PESO X M3
Cemento	107.7	3.12	336.02	1	50	34.52	1	16.03	336.02
Agua	168	1	168.00	0.50	25	25	0.72	25	168
Arena	253.25	2.68	678.71	2.02	101	94.50	2.74	37.69	678.71
Grava	471.05	2.64	1243.57	3.70	185	178.43	5.17	70.08	1243.57
	1000							148.8	2426.30

El contenido práctico de cemento por M3 de concreto será de 336 Kg.

El peso volumétrico del concreto fresco será de 2426.30 kg/M3.

#### MEZCLA DE PRUEBA

MATERIALES	PROPORCION EN PESO	VOLUMEN DE LOS CILINDROS	AGUA TOTAL	VOLUMEN REAL
Cemento	1	10.69	--	3.43
Agua	0.50	5.35	5.35	5.35
Arena	2.02	21.59	0.29	8.06
Grava	3.70	39.55	0.43	14.98
				31.82

Volumen de un cilindro = Area x altura.

Diámetro                    15 Cms.

Altura                        30 Cms.

Area                         176.7 Crr.2

Volumen    176.7 x 30 = 5301 Cm3

Volumen de 6 cilindros    5301 x 6 = 31,806 Lts.

Se toman como base para calcular la mezcla de pruebas:

El consumo de cemento por M3 y el volumen absoluto y real del cálculo de proporcionamiento para 50 kg. que son 336.02 kg/M3 y 148.8

Se establece una proporción del volumen real de la mezcla de 50 Kg. con un M3.

$$\frac{50}{148.8} = \frac{X}{31.80} \quad X = \frac{31.80 \times 50}{148.80} = X = 10.69 \text{ Kg.}$$

X = 10.69 Kg. de cemento para el volumen de los 6 cilindros, este valor es el unitario y nos servirá de base para obtener las demás cantidades en peso de los materiales para fabricar la mezcla, tomando en cuenta que tenemos las proporciones en peso del cálculo por M3.

Para el cálculo del agua total por absorción de los materiales

Arena = 21.59 x 0.0135 = 0.291 Lts.

Grava = 39.55 x 0.0109 = 0.431 Lts.

Para el cálculo del volumen real se divide el peso de los materiales entre - la densidad

$$D = \frac{P}{V} \quad ; \quad \text{Volumen} = \frac{P}{D}$$

Como comprobación la suma del volumen real de los materiales calculados - debe coincidir el volumen de la mezcla para 6 cilindros.

### Ejemplo: PROPORCIONAMIENTO GRAFICO (CURVAS Y NOMOGRAMAS).

Propiedades materiales.

	ARENA	GRAVA	CEMENTO
Densidad	2.59	2.63	3.12
Peso vol. seco y s.	1205	1160	1515
% Absorción	0.79	0.46	-
Módulo de finura	2.70	-	-

Tamaño máximo 1 1/2

F'c = 180 kg/cm<sup>2</sup>

De la gráfica No. 1 para un módulo de finura de 2.7 y un tamaño máximo - del agregado 1 1/2 , tenemos una relación  $\frac{g}{a}$  (peso)  $\frac{g}{a} = 1.65$

En la gráfica No. 2 para una relación  $\frac{g}{a} = 1.65$  y un agregado máximo 1 1/2, nos dá un contenido neto de agua de 172 lts/m<sup>3</sup> de concreto.

De la curva de Abrams para F'c= 180 kg/cm<sup>2</sup> se necesita una relación --- agua/cemento a/c = 0.50 en peso.

Del nomograma CG - 6 para una relación  $\frac{A}{C} = 0.50$  y para 172 lts. de --- agua da un consumo de 350 kg. de cemento para m<sup>3</sup> de concreto.

Al mismo tiempo se marca un punto en el eje auxiliar.

A continuación se calcula la gravedad específica media de los agregados por - la siguiente formula:

$$GEM = \frac{100}{\frac{\% A}{GEA} + \frac{\% G}{GEG}}$$

De donde:

% A = Tanto por ciento de arena

% G = Tanto por ciento de grava

GEA = Gravedad específica de la arena

GEG = Gravedad específica de la grava

R = Relación  $\frac{G}{A}$  en peso (1.65)

$$\% A = \frac{100}{1+R} = \frac{100}{1+1.65} = 37.7$$

$$\% G = \frac{100 R}{1+R} = \frac{100(1.65)}{1+1.65} = 62.3$$

$$GEM = \frac{100}{\frac{37.7}{2.39} + \frac{62.3}{2.63}} = 2.61$$

Con el valor y el punto auxiliar se obtiene un valor de :

$$P = 5.2$$

La arena la calculamos por la siguiente formula, que se encuentran anotadas en los nomogramas G - C 6

$$A = \frac{P}{1+R} = \frac{5.2}{1+1.65} = 1.96$$

La grava será igual a  $G = P - A$  del nomograma G C 6

$$G = 5.2 - 1.96 = 3.24$$

La relación unitaria en peso será:

Cemento: = 1.00

Agua : 0.50

Arena: 1.96

Grava: 3.24

Con esta proporción , calculamos cantidades por saco de 50 kg. o por M3, --  
tomando en cuenta el peso del cemento de 350 kg.

Para un M3 de concreto se necesitan las siguientes cantidades:

Cemento:  $350 \times 1.00 = 350$  kgs.

Agua:  $350 \times 0.50 = 175$  Lts.

Arena:  $350 \times 1.96 = 686$  Ks.

Grava:  $350 \times 3.24 = 1134$  Kgs.

La proporción para un concreto de F'c = 180 kg/cm2 será la siguiente:

MATERIALES	PROP. PESO	CANTIDADES EN PESO	CANT. EN VOL. LTS.	PROP. EN VOLUMEN
Cemento	1.00	50	33	1
Agua	0.50	25	25	0.50
Arena	1.96	98	81.3	2.46
Grava	3.24	162	139.65	4.23

Una observación que hago después de haber hecho el proporcionamiento de --  
estos concretos con el método de las tablas del A.C.I. que utiliza datos --  
empíricos con el método de volúmenes absolutos el cual es más objetivo y --  
se va verificando paso a paso en el método de las proporciones en peso , uti-  
lizamos las curvas de Abrams.

Estableciendo una comparación a mi juicio de los tres procedimientos el que -

recomiendo es el del procedimiento de volúmenes absolutos.

**Ejemplo: DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO EN EL ESTACIONAMIENTO EN EL I.T.R. EN MORELIA, MICH.**

En este capítulo se hace referencia al diseño de pavimentos de concreto rígido (hidráulico), tomando en cuenta que se está realizando bajo las siguientes --- normas impuestas por el departamento de Construcción Central del C.A.P.F.C.E. en la ciudad de México.

Los pavimentos serán de tipo rígido y estarán contruídos por los elementos -- descritos a continuación:

- suelo natural.
- capa sub-rasante
- base
- riego de impregnación
- losa de concreto.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**SUELO NATURAL.-** Es el material natural sobre el que se apoyan las terraceras o sub-bases (fig.A). Quedan excluidos de esta definición los desechos, basuras, o escombros superficiales y en su caso deberán removerse.

**CAPA SUB-RASANTE O TERRACERIA.-** Está constituida por materiales de calidad superior al subsuelo de cimentación, pero inferior a la base y su posición es intermedia a ambos; será de espesor variable, dependiendo esencialmente de la capacidad de soporte de la terracería, su construcción se -- hará en capas de espesor no mayor de 20 cm. compactándolas como mínimo al 90 % de la norma PROCTOR SOP.

**BASE.-** Se entiende por base la capa de material que se encuentra entre la sub-rasante y la losa. Tendrá un espesor variable que fijará el laboratorio, - dependiendo esencialmente de la capacidad que soporte la sub-rasante.

La compactación de la sub-rasante se efectuará después de haber sido humedecida uniformemente con la humedad óptima y extendida en capas de espesor constante no mayor que 15 cm.

La compactación se considera satisfactoria, cuando el material alcance como mínimo al 95 % del peso volumétrico máximo, determinado en ensayos - --- PROCTOR SOP O PORTER.

**RIEGO DE IMPREGNACION.-** Una vez terminada la compactación de la base y cuando ésta se encuentre seca, se dará un riego asfáltico de impregnación con productos de fraguado medio; FM - 1 ó FM - 2, a razón de 1 a - 3 lts/m<sup>3</sup>.

## LOSAS DE CONCRETO.

### 1.- ESPECIFICACIONES.

a).- **Funciones:** La función de una losa de concreto es proporcional a una superficie de rodamiento adecuada, resistir los efectos abrasivos del tráfico, soportar y transmitir a la base los esfuerzos que se le apliquen. El espesor de la losa queda definido por la resistencia del concreto empleado, por la capacidad de soporte de la sub-rasante y la magnitud e intensidad del tráfico.

b).- **Vaciado:** El concreto se vaciará entre moldes rígidos e indeformables - que no sufran variaciones en su alineamiento y niveles. Se emplearán moldes metálicos o en su caso madera con un espesor mínimo de 5 cm.

Cada tramo tendrá una longitud mínima de 3.00 mts.

Antes del vaciado la superficie de los moldes que entrarán en contacto con el concreto se protegerán con aceite o algún producto comercial garantizado (cimbrafest de fester, cimbral sólida de puzolana activada, etc...)

Los moldes no se aflojarán ni removerán antes de que el concreto se haya endurecido lo suficiente para soportar sin deterioro la maniobra respectiva.

c).- **Colocación y vibrado del concreto.**- Antes de iniciar la colocación del concreto se deberá humedecer perfectamente la superficie de la base.

El concreto se distribuye uniformemente y se consolidará mediante un vibrador de inmersión, hasta lograr una compactación uniforme y la completa eliminación de vacíos.

El vibrador superficial se aplicará mediante un rasero o muestra vibratoria, con lo que además se conformará la superficie; en seguida se dará un aplanoado con llana, para después afinar banda de lona y hule colocada perpendicularmente al eje del pavimento y movida por dos operarios, uno en cada extremo de modo de eliminar las prominencias y depresiones. No se permitirán depresiones mayores de 3 mm. (1/8").

d).- Juntas: Las juntas serán longitudinales y transversales.

Las longitudinales de acuerdo con el proyecto, mediante juntas de machihembrado, colocado a la altura media del molde que de preferencia será una sección estructural tipo canal.

Serán franjas de ancho variable y el vaciado en forma continua. Las transversales, similares a las longitudinales (machihembrado) al terminar el trabajo del día o por interrupción imprevista, con el único requisito de que dicha junta coincida con una de contracción. Se procederá a formar las juntas transversales de contracción por medio de cortadoras especiales que efectúen una ranura del orden de 4 mm de ancho y profundidad de 1/4 del peralte de la obra.

Las ranuras hechas se limpiarán y rellenarán en sus 2/3 partes con cemento asfáltico No. 6 u 8.

e).- Curado: Tiene por objeto conservar el agua del concreto, debe darse especial atención por tratarse de un factor de gran importancia para la resistencia y durabilidad del concreto.

Inmediatamente después de terminarse la superficie de las losas, se procederá

a cubrirla con una membrana impermeable de algún producto garantizado: - (antisol B de Sika; Curafest de Fester; Curacreto, etc.) que se aplicará -- finamente atomizado a razón de 0.2 lts./m<sup>2</sup>.

#### CONCRETO HIDRAULICO.

A).- **Proporcionamiento:** Será fijado y controlado por el laboratorio y varfa de acuerdo con las características de los agregados. No deberá iniciarse -- ningún colado sin contar con el proporcionamiento del laboratorio.

B).- **Dosificación** El cemento y agregado deberán ser dosificados por peso, -- excepto en los casos en que la cantidad requerida de concreto sea menor - de 20 m<sup>3</sup>.

C).- **Mezclado:** Se hará en mezcladoras de concreto del tipo Standard, de -- tambor giratorio mecánico de un saco de capacidad mínima y con una velo- cidad no menor de 13 revoluciones por minuto.

No deberán usarse revolventoras que se encuentren en malas condiciones me- cánicas o que presenten un desgaste mayor de 1.0 cm. (3/8") en las espas.

No deberá excederse la capacidad de carga fijada por el fabricante de cada tipo de revolventora.

El tiempo efectivo de mezclado será mayor de 1.5 min.

No se permitirá el empleo de concreto que presente evidencia de fraguado - inicial.

D).- **Resistencia:** El concreto deberá tener una resistencia mínima de 150 -

kg/cm<sup>2</sup>. ( a los 28 días de edad, con cilindros standard de 15 x 30 cm).

E).- Revenimiento: Se emplea concreto con revenimiento del orden de 8 a 10 cm.

F).- Cemento: Deberá satisfacer los requisitos estipulados por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía para Cemento Portland.

G).- Agregado grueso: Consistirá de grava o piedra triturada, con la distribución granulométrica indicada a continuación:

MALLAS	% RETENIDO ACUMULADO TAMAÑO MAXIMO DE LOS AGREGADOS			
	2"	1 1/2"	1"	3/4"
2"	0 - 5	--	--	--
1 1/2"	--	0 - 5	--	--
1"	30 - 65	--	0 - 10	--
3/4"	--	30 - 65	--	0 - 10
1/2"	70 - 90	--	40 - 75	--
3/8"	--	70 - 90	--	45 - 80
No. 4	95 - 100	95 - 100	95 - 100	95 - 100

La curva granulométrica del agregado grueso, deberá ser más o menos paralela a las curvas contruidas con las especificaciones arriba anotadas y deberá estar comprendida dentro de la zona del tamaño máximo que le corres--  
ponda.

Las propiedades de los agregados deberán satisfacer los siguientes puntos:

- El peso volumétrico seco y suelto, deberá ser mayor de 1,400 kg/cm<sup>2</sup>.
- La densidad aparente deberá ser mayor de 2.4.
- El porcentaje de absorción será menor de 5 .
- El contenido de arcilla no será mayor de 0.25 % .
- No deberá contener más de 1% en peso, de material menor de la malla - del No. 200.

El desgaste (Los angeles" no será mayor de 45 % (con 500 revoluciones).

En la prueba de intemperismo acelerado no tendrá una pérdida mayor de -- 15 % (en 5 ciclos).

H).- Agregado fino.- Consistirá de arena graduada con la siguiente granulometría:

Malla	% que pasa
3/8 "	100
No. 4	95 - 100
No. 15	45 - 80
No. 50	10 - 30
No. 100	2 - 10

La curva granulométrica del agregado fino, deberá ser más o menos paralela a las curvas construídas con las especificaciones arriba anotadas y encontrarse dentro de la zona limitada por éstas.

- El peso volumétrico seco y suelto, deberá ser mayor de 1,300 kg/m<sup>3</sup>.
- La densidad aparente deberá ser mayor de 2.4 .
- El módulo de finura deberá estar comprendido entre 2.32 y 3.45 .
- El contenido de arcilla no será mayor de 1.5 %.
- No deberá contener más de 3 % en peso de material que pase la malla - No. 200 .
- El Contenido de materia orgánica deberá dar los colores 1 o 2 (color - -- A.S.T.M.).
- En la prueba de intemperismo acelerado no tendrá una pérdida mayor de 12 % (en 5 ciclos).

1).- Agua: Deberá ser clara, limpia y no contener solución o suspensión de materias nocivas al concreto, tales como : cloruros, sulfatos, materiales orgánicos, etc.

No deberá exceder los siguientes límites por millón:

Sulfatos ( SO <sub>4</sub> )	300
Cloruros (Cl)	300
Sales de Magnesio (MgO)	150
Materia orgánica (óxido requerido para oxidarla)	10
Sólidos en suspensión	2,000
Sólidos solubles	1,500

No deberá emplearse agua de desperdicio de plantas industriales, rastros, ingenios azucareros, etc.

Tomando en cuenta las especificaciones anteriores pasamos a diseñar las --

Mezclas del concreto para las losas que serán de 13 cm. de espesor.

Especificaciones ( resumen )

- Resistencia                    F'C = 150 kg/cm<sup>3</sup>
- Revenimiento                8 - 10 m.
- Agregados                    Grava y arena que cumpla con la distribución granulométrica del párrafo "C" y "H" anteriores.
- Cemento                        Tipo 1
- Procedimiento de elaboración - Descrito anteriormente.

BANQUETAS: Su función reside en proporcionar una superficie de tránsito adecuado, su espesor será de 8 cm. y el concreto empleado tendrá una resistencia de 150 kg/cm<sup>2</sup> los 28 días de edad; con cilindros standard de 15 x 30 cm. su revenimiento fluctuará entre 8 y 10 cm ; el tamaño máximo será de 1 1/2" (3.8 cm.)

Las juntas de construcción deberán coincidir con las de contracción, que a su vez se lograran con separadores metálicos de 3 mm. su espesor a cada 3 mts. y se removeran evitando dañar el concreto adyacente, 10 ó 12 horas después de colado. La ranura así formada se rellenará con cemento asfáltico 6 u B.

La colocación, vibrado y curado del concreto es semejante a las losas de estacionamiento y patios de maniobras descritos anteriormente. Ver figura No.1

**GUARNICIONES:** Tendrán la sección transversal que aparece en la figura No. 2; se empleará un concreto de  $F' C = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

**PENDIENTES:** En las zonas de estacionamiento y patios de maniobras, la pendiente mínima será de 0.25 %; por su parte en los accesos fluctuará entre 1 y 3 % en cualquier otro caso deberá estar comprendida entre los límites citados.

Se hizo un estudio de los agregados de los diferentes bancos de la localidad, para poder satisfacer los requisitos que anteriormente se mencionaron.

**Grava:** Se visitaron y muestrearon los siguientes bancos:

- Trituradora La Curva; ubicada a 7 Km. de Morelia, rumbo a Zinápecuaro.
- Trituradora del Consejo Municipal de Colaboración; localizada a la salida de Morelia, rumbo a Guadalajara.

En este lugar se somete el material del banco La Curva a una segunda -- etapa de trituración.

- Trituradora de la Dirección de Construcción de Caminos del Gobierno del Estado, ubicada a 6 Km. de Morelia rumbo a Zinápecuaro.
- Banco Cerritos, localizado en el camino a Quitoga, a 17 Km. de Morelia.

**Arena:** Se extrajeron muestras de los siguientes bancos:

- Rfo Zirándaro, localizado a 60 Km. de Morelia, rumbo a la ciudad de México, vía Charo.
- Banco Cerritos, ya mencionado.
- Banco El Tigre, localizado en el camino a Quitoga, a 33 Km. de Morelia.

Propiedades de los agregados que intervienen en la elaboración del concreto.

Grava de las trituradoras La Curva y del Consejo Municipal de Colaboración.

a).- Son productos de la trituración de basalto.

b).- Las distribuciones granulométricas de ambos materiales (fig. No. 3) -- los clasifican como gravas mal graduadas (GP).

c).- En ensayo de intemperismo acelerado, tiene una pérdida de 7.0 % y - en abrasión Los Angeles de 10.2 %.

Grava de la Trituradora de La Dirección de Construcción de Caminos del -- Gobierno del Estado.

Es igualmente producto de la trituración de basalto, con la distribución granulométrica de la figura No. 4; su pérdida en prueba de intemperismo acelerado es de 36.0 % y en ensayo de abrasión Los Angeles de 19.8 %.

Es importante mencionar que tanto el basalto del banco La Curva, como el de la Dirección de Construcción, son materiales que al triturarse adquieren formas laminares (lajas), lo cual limita su uso para construcción de pavimentos.

Grava del Banco Cerritos.

Están constituidas por partículas mal graduadas de basalto escoriáceo (figura No. 5), que en ensayo de intemperismo acelerado experimentan pérdidas de 8.0 % y en ensayo de abrasión Los Angeles de 24.8 %.

Arenas de los bancos Cerritos y El Tigre.

Son productos de trituración, con distribución granulométrica deficiente - - (figura 6), en ensayos de intemperismo acelerado presentan pérdidas de 7 y 20 % respectivamente.

#### **Arena del Río Zirándaro.**

Como su nombre lo indica, se extrae de depósitos del río.

Al igual que en el caso anterior, son arenas mal graduadas (SP) que en ensayos de intemperismo acelerado experimentan una pérdida de 26 % (figura-No. 7).

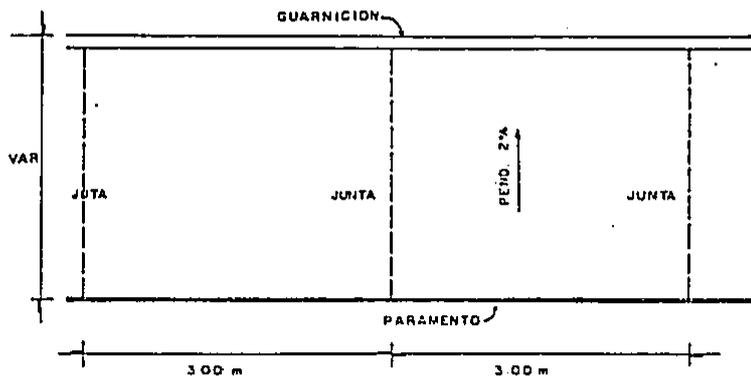
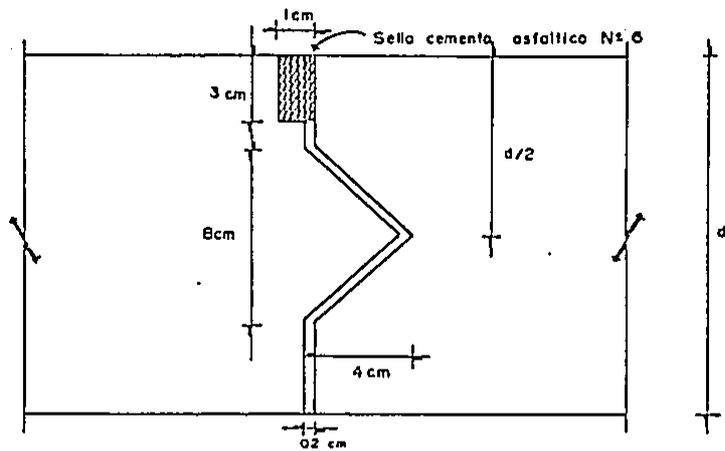


FIG. 1

90 B

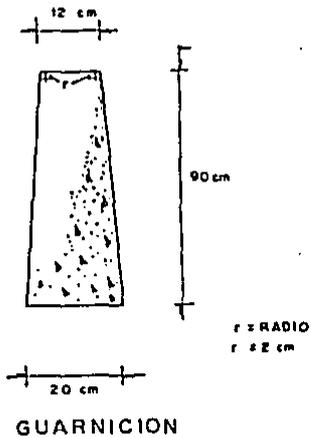
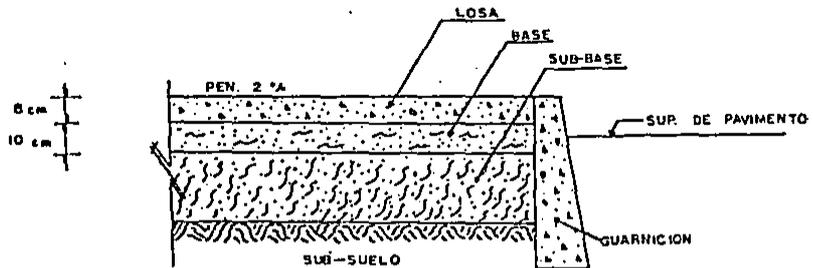


FIG. 2

MATERIAL ANALIZADO <u>GRAVA</u> PROCEDENCIA <u>TRITURADORA LA CURVA Y CONSEJO</u> PARA USARSE EN <u>FABRICACION DE CONCRETO</u> ENVIADA POR <u>RESIDENTE DE OBRA</u>	EXPEDIENTE N° _____ FECHA DE RECIBO <u>10 DIC 1979</u> FECHA DE INFORME <u>20 DIC 1979</u> ENSAYE N° <u>1458</u> MUESTRA N° <u>1</u>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ENSAYE N°	ARENA GRAVA		COMPOSICION GRANULOMETRICA			
	ARENA	GRAVA	MALLAS	RETENCIONES ACUMULATIVAS %	MALLAS	RETENCIONES ACUMULATIVAS %
PESO VOLUMETRICO SUELTO kg/m <sup>3</sup>		1315	3	0	N° 4	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO kg/m <sup>3</sup>		1465	1/2"	20	N° 8	
DENSIDAD APARENTE		2.64	1	30	N° 16	
ABSORCION %		1.09	3/4	40	N° 30	
MATERIA ORGANICA (N° DEL COLOR)		-	1/2"	80	N° 50	
MUESTRA SIN LAVAR		-	3/8	90	N° 100	
MUESTRA LAVADA		-	N° 4	100	N° 200	
% DE GRAVA EN LA MUESTRA		100	ENMOLINO		ENMOLINO	
% DE ARENA EN LA MUESTRA		-	N°		N°	
RELACION G/A		-				

**GRAFICAS DE COMPOSICION GRANULOMETRICA**

The figure contains three graphs. The first graph on the left shows the limits for concrete (LIMITE DE ARENAS PARA CONCRETO) and masonry (LIMITE DE ARENAS PARA MORTEROS). The x-axis represents sieve sizes (MALLAS) from 100 to 4, and the y-axis represents the percentage retained (% RETENIDO) from 0 to 100. The second and third graphs show the actual granulometric curves for the sample, plotted against the same sieve sizes and y-axis. The x-axis for these graphs is labeled 'MALLAS' with values 4, 3/8, 1/2, 3/4, 1, 1 1/2, 2, 3".

**RECOMENDACIONES:**

EL MATERIAL ESTUDIADO DE LOS BANCOS DE LA TRITURADORA LA CURVA Y DEL CONSEJO MUNICIPAL DE COLABORACION, PARA LA FABRICACION DE CONCRETO, SE CONCLUYE EN LO SIGUIENTE: SON PRODUCTOS DE LA TRITURACION DE BASALTO LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA SE CLASIFICA COMO MAL GRADUADA.

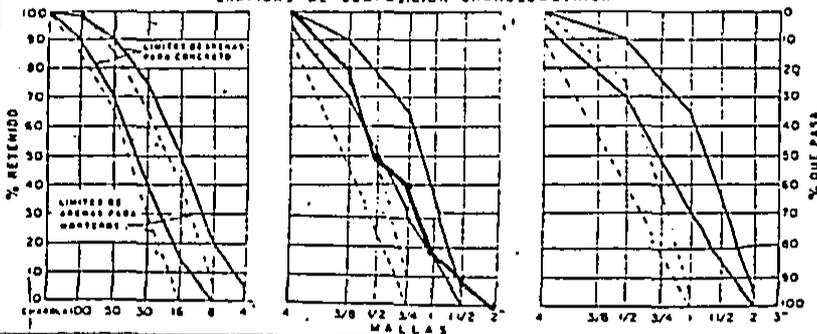
El Laboratorista _____	El Jefe de Laboratorio ... _____	El Encargado del Laboratorio. _____
---------------------------	-------------------------------------	----------------------------------------

FIG. No. 3

MATERIAL ANALIZADO <u>GRAVA</u>	EXPEDIENTE N° _____
PROCEDENCIA <u>DIRECCION DE CONSTR. DE CAMINOS DEL GOBIERNO DEL ESTADO</u>	FECHA DE RECIBO <u>10 dic 1929</u>
PARA USARSE EN: <u>FABRICACION DE CONCRETOS</u>	FECHA DE INFORME <u>20 dic 1929</u>
ENVIADA POR: <u>RESIDENTE DE OBRA</u>	ENSAYE N° <u>1659</u>
	MUESTRA N° <u>7</u>

	ARENA	GRAVA	COMPOSICION GRANULOMETRICA			
ENSAYE N°			MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %	MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %
PESO VOLUMETRICO SUELTO kg/m <sup>3</sup>		1290	3"		N° 4	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO kg/m <sup>3</sup>		1250	2"	0	N° 8	
DENSIDAD APARENTE		2.60	1 1/2"	10	N° 16	
ABSORCION %		1.12	1"	20	N° 30	
MATERIA ORGANICA (N° DEL COLOR)		-	3/4"	30	N° 50	
MUESTRA SIN LAVAR		-	1/2"	50	N° 100	
MUESTRA LAVADA		-	3/8"	80	N° 200	
% DE GRAVA EN LA MUESTRA		100	N° 4	100	ERRORES	ERRORES
% DE ARENA EN LA MUESTRA		-	M F		M F	
RELACION G/A		-				

## GRAFICAS DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



## RECOMENDACIONES:

LOS MATERIALES ESTUDIADOS DEL BANCO DE LA DIRECCION DE CONSTRUCCION DE CAMINOS DEL GOBIERNO DEL ESTADO, PARA LA FABRICACION DE CONCRETO, SACAMOS EN CONCLUSION, QUE COMO SON MATERIALES QUE AL TRITUPARSE ADQUIEREN FORMAS LAMINARES, LO CUAL LIMITA SU USO PARA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

El Laboratorista

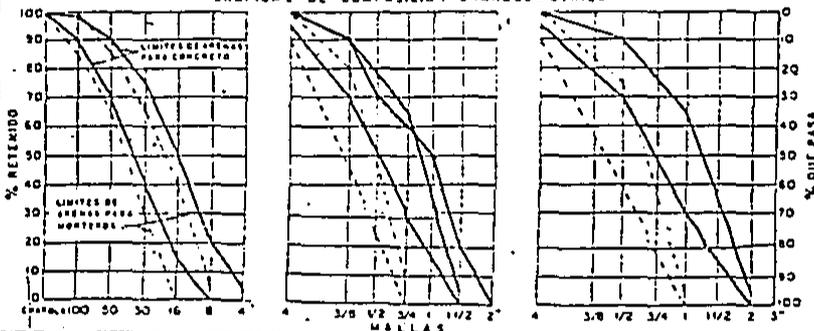
El Jefe de Laboratorio

El Encargado del Laboratorio.

MATERIAL ANALIZADO <u>GRAVA</u>	EXPEDIENTE N°
PROCEDENCIA <u>BANCO CERRITOS</u>	FECHA DE RECIBO <u>10 DIC. 1979</u>
	FECHA DE INFORME <u>20 DIC. 1979</u>
PARA USARSE EN: <u>ELABORACION DE CONCRETO</u>	ENSAYE N° <u>1670</u>
ENVIADA POR: <u>RESIDENTE DE OBRA</u>	MUESTRA N° <u>3</u>

ENSAYE N°	ARENA GRAVA		COMPOSICION GRANULOMETRICA			
			MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %	MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %
PESO VOLUMETRICO SUELTO kg/m <sup>3</sup>		1300	5		Nº 6	
PESO VOLUMETRICO COMPACTO kg/m <sup>3</sup>		1380	2"	0	Nº 8	
DENSIDAD APARENTE	2.62		1/2"	20	Nº 16	
ABSORCION %	1.10		1/4"	50	Nº 30	
MATERIA ORGANICA (Nº DEL COLOR)	-		1/2"	60	Nº 50	
MUESTRA SIN LAVAR	-		3/8"	70	Nº 100	
MUESTRA LAVADA	-		4/4"	90	Nº 200	
% DE GRAVA EN LA MUESTRA	100		CHARROLA	100	CHARROLA	
% DE ARENA EN LA MUESTRA			M F		M F	
RELACION G/A						

## GRAFICAS DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



## RECOMENDACIONES:

LOS MATERIALES ESTUDIADOS DEL BANCO CERRITOS PARA LA FABRICACION DE CONCRETO SE PUEDE CONCLUIR, QUE ES UNA GRAVA CONSTITUIDA POR PARTICULAS MAL GRADUADAS DE BASALTO ESCORIAICO

El Laboratorista

El Jefe de Laboratorio

El Encargado del Laboratorio.

MATERIAL ANALIZADO ARENIA  
 PROCEDENCIA RIO ZIRANDARO  
 PARA USARSE EN FABRICACION DEL CONCRETO  
 ENVIADA POR RESIDENTE DE OBRA

EXPEDIENTE N° \_\_\_\_\_  
 FECHA DE RECIBO 10 DIC. 1979  
 FECHA DE INFORME 20 DIC. 1979  
 ENSAYE N° 1671  
 MUESTRA N° 3

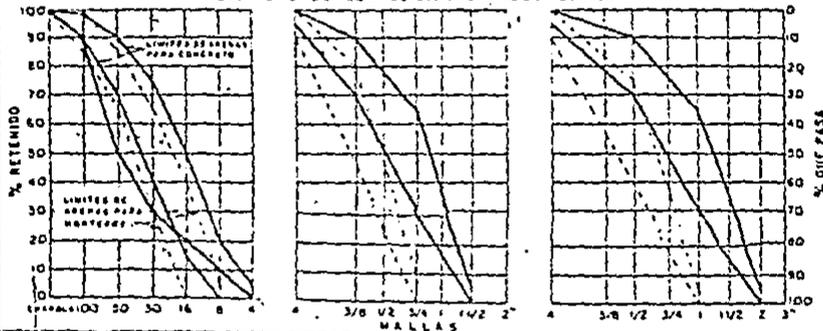
## ARENA GRAVA

ENSAYE N°	
PESO VOLUMETRICO SUELTO Kg/m <sup>3</sup>	1380
PESO VOLUMETRICO COMPACTO Kg/m <sup>3</sup>	1420
DENSIDAD APARENTE	2.70
ABSORCION %	1.30
MATERIA ORGANICA IN <sup>o</sup> DEL COLORI	-
MUESTRA SIN LAVAR	-
MUESTRA LAVADA	-
% DE GRAVA EN LA MUESTRA	-
% DE ARENA EN LA MUESTRA	100
RELACION GVA	

## COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %	MALLAS	RETENIDOS ACUMULATIVOS %
3		N° 4	0
2"		N° 8	10
1 1/2"		N° 16	20
1"		N° 30	30
3/4"		N° 50	50
1/2"		N° 100	90
N° 20		N° 200	100
CHAPALA		CHAPALA	
N° F		N° F	

## GRAFICAS DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



## RECOMENDACIONES:

EL MATERIAL ESTUDIADO DEL RIO ZIRANDARO PARA LA FABRICACION DEL CONCRETO COMO SU NOMBRE LO DICE, SE EXTRAE DE DEPOSITOS DE RIO Y COMO LO MUESTRA LA GRAFICA, SON ARENAS MAL GRADUADAS.

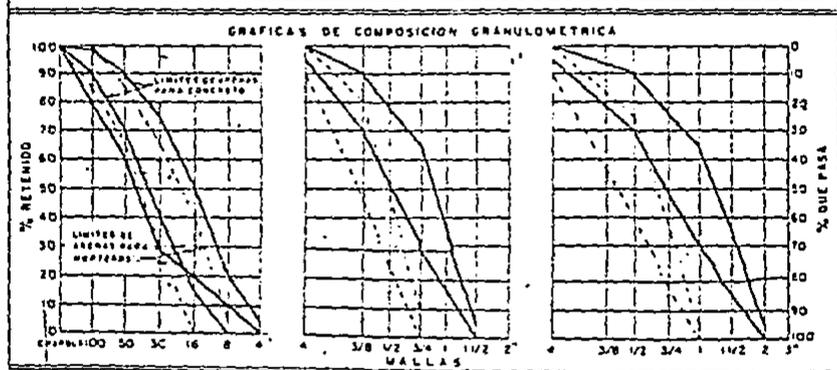
El Laboratorio

El Jefe de Laboratorio

El Encargado del Laboratorio.

MATERIAL ANALIZADO <u>ARENAS</u>	EXPEDIENTE N°
PROCEDENCIA <u>BANCO CERRITOS Y EL TIGRE</u>	FECHA DE RECIBO <u>10 DIC. 1979</u>
PARA USARSE EN <u>ELABORACION DE CONCRETO</u>	FECHA DE INFORME <u>20 DIC. 1979</u>
ENVIADA POR <u>RESIDENTE DE OBRA</u>	ENSAYE N° <u>1627</u>
	MUESTRA N° <u>5</u>

ENSAYE N°	ARENA GRAVA		COMPOSICION GRANULOMETRICA			
	1305	1425	MALLAS	RETENCION ACUMULATIVA %	MALLAS	RETENCION ACUMULATIVA %
PESO VOLUMETRICO SUELTO kg/m <sup>3</sup>	1305	1425	3		N° 4	0
PESO VOLUMETRICO COMPACTO kg/m <sup>3</sup>	1425		1/2		N° 6	10
DENSIDAD APARENTE	2.68		1'		N° 16	20
ABSORCION %	1.35		1/4		N° 30	30
MATERIA ORGANICA INT DEL CORDI	=		1/2		N° 50	60
MUESTRA SIN LAVAR	7		3/8		N° 100	80
MUESTRA LAVADA	=		N° 4		N° 200	100
% DE GRAVA EN LA MUESTRA	0		(Ceros)		(Ceros)	
% DE ARENA EN LA MUESTRA	100		M F		M F	
RELACION G/A						



El Laboratorista	El Jefe de Laboratorio	El Encargado del Laboratorio
_____	_____	_____

FIG. No. 7

## ADITIVOS PARA CONCRETO.

Los aditivos son productos, generalmente químicos, que se añaden al concreto para proporcionarle ciertas ventajas tales como: Mejorar su trabajabilidad, reducir la cantidad de agua necesaria para el mezclado, obtener mayores -- resistencias a edades tempranas, retardar el fraguado inicial a fin de evitar fisuramientos, selladores para juntas frías ó para juntas de colado, etc.

Entre los aditivos divididos en grupos, podemos citar: a).- Puzolanas; b).- Dipersantes o Reductores de agua; c).- Fluidizantes; d).- Acelerantes; e).- Retardantes; f).- Inclusiones de aire.

A Continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos y a la -- función que desarrollan al mezclarse en el concreto.

a).- Puzolanas.- Las puzolanas han sido definidas como materiales sílicos -- que poseen una capacidad acusada de cementación. Cuando dichos materiales están finamente molidos y húmedos, reaccionan con los hidróxidos de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos con propiedades cementantes, que son silicatos monocíclicos de muy baja solubilidad, los que consti-- tuyen a la impermeabilidad y resistencia.

Resistencia a la compresión.- En general, en concretos de alta resistencia -- ó ricos en cemento y cuando se toma como base un igual revenimiento, las -- resistencias iniciales ser. bastante menos, usando cemento Puzolana en vez de cemento Portland, Tipo I, pero a los 90 días se igualan y al término de un año se superan.

Su influencia a éste respecto, cuando se usan en concretos pobres, es menos fuerte; pero debe aclararse que la comparación de mezclas, igualando revenimientos, no es correcta en tal caso, pues con la adición de puzolanas la manejabilidad se incrementa grandemente y las características de la misma definen la posibilidad de manejo de las mezclas, que pueden ser usadas con revenimientos menores, lo cual significa menor contenido de agua y por lo tanto, mayores resistencias.

**Elasticidad e Intemperismo.-** El módulo elástico en concretos con puzolanas es ligeramente menor que el obtenido con puro cemento Portland.

El intemperismo se determina mediante pruebas de hielo y deshielo.

Adicionado el concreto con puzolana, la resistencia al intemperismo decrece en relación a la del concreto de puro cemento Portland; pero si al mismo tiempo se le incluye aire, se obtiene un resultado distinto, mejorando grandemente la resistencia al intemperismo.

**Resistencia a los Sulfatos.-** Las puzolanas tienen la propiedad de resistir mejor el ataque de los sulfatos.

**Agregados reactivos.-** Cuando se cuenta con agregados reactivos y el cemento que se usa no tiene bajo contenido de álcalis, el uso de las puzolanas se hace indispensable. La presencia de las puzolanas en la masa de concreto evita los efectos desintegrantes nocivos de los agregados con el álcalis del cemento.

**Calor de hidratación.-** El calor de hidratación es siempre mayor para un --

cemento Portland dado, que para una mezcla de ese mismo cemento y una -  
puzolana conocida.

Permeabilidad.- Quizá sea ésta la propiedad de mayor importancia en las --  
puzolanas especialmente cuando se usan en concretos pobres, mediante su --  
adición los coeficientes de permeabilidad se pueden reducir de 0.33 a 0.07 -  
(1/3 a 1/15) dependiendo del tipo y de la cantidad de puzolana adicionada.

Cuando se use cemento tipo I y puzolanas, se recomienda que el 33 % máxi-  
mo sea puzolana.

b) .- Reductores de Agua.-El exceso de agua, para la hidratación del cemen-  
to no tiene otra función que la de dar manejabilidad a las mezclas de con-  
creto, sin añadir alguna característica de calidad al concreto ya endurecido  
y es, hasta cierto punto perjudicial.

El esfuerzo de los investigadores de concreto a dado como resultado la apli-  
cación de la teoría de la "dispersión" adaptada al cemento, con lo cual se  
logra considerable reducción de agua sin deterioro de los procedimientos de-  
hidratación y con muchas ventajas respecto al tipo común de concreto, cuya  
manejabilidad, fluidez y consistencia, dependen esencialmente del contenido  
de agua.

La base de la teoría de "La dispersión" puede explicarse de la siguiente for-  
ma:

Cuando se incorporan en un medio ambiente acuoso las partículas a un - --  
sólido, estas tienden a la aglomeración y obtan como grupos, más que como

partículas individuales. Esta condición se llama floculación y se debe a la -- falta de cargas electrostáticas de las partículas, de modo que cuando cho-- can tienden a pegarse unas con otras; así pues; mediante el uso de un agen-- te dispersante, éstas floculaciones tienden a separarse distribuyéndose homo-- géneamente en el medio. La acción del agente dispersante se debe a que -- las partículas independientes adquieren cargas electrostáticas de igual signo-- y repelen mutuamente.

Además, el efecto se intensifica por acción del agente dispersante, como -- coloide protector, impidiendo que las partículas se aproximen entre sí, para lograr lo que se pretendía, ésto es, aprovechar la eficiencia del cemento - hasta un máximo posible. En otras palabras, si gran parte de la eficiencia del cemento depende de la finura del mismo, es lamentable que vuelvan a aglomerarse sus granos al situarse en medios acuosos presentando en con-- junto tamaños mucho mayores que en estado seco y perdiendo por lo tanto eficiencia. Entonces dispersándose las partículas, presentan a la hidratación la mayor superficie posible y a la vez adquieren un poder cubriente mucho mayor, razón que pone de manifiesto la necesidad de menores contenidos - de agua.

c).- Fluidizantes.- Son aditivos que se agregan al concreto para el caso -- especial de bombeo.

El fluidizante no le proporciona ninguna propiedad a la masa de concreto, - en su estructura interna. La única función del fluidizante es lubricar las tu-- berías de conducción y dar al concreto una consistencia pastosa y parafinosa

que ayuda a la mejor fluidez y reduce el coeficiente de fricción al contacto del concreto con las tuberías y mangueras de conducción. Es recomendable su uso, porque permite el bombeo de bajo revenimiento.

d).- **Acelerantes.**- Son materiales que se usan con cualquier tipo de cemento, y sus efectos pueden ser iguales, cualquiera que sea el tipo de agregado, diseño de mezcla o calidad de concreto, puesto que solo reaccionan con el cemento.

Las ventajas de usar aditivos acelerantes en una obra son las siguientes:

- 1o.- Mayor rapidez de fraguado y descimbrado.
- 2o.- Mayor número de usos a la cimbra por descimbrado rápido.
- 3o.- Facilita el desarrollo de resistencia a edades tempranas, en tiempos de frío, evitando el congelamiento durante el fraguado inicial, cuando se trabaja a temperaturas muy bajas y próximas al punto de congelación del agua.
- 4o.- se tienen economías en el avance de la obra por su rapidez.
- 5o.- La resistencia que se tiene a los 28 días, con cemento tipo I, se puede obtener a los 7 días con cemento Tipo III, y esa misma edad de 7 días con acelerantes se tiene la misma resistencia siendo más económico el uso de aditivos acelerantes, que el uso de cemento tipo III.

Como desventaja podemos mencionar que: No se recomienda el uso de acelerantes para temperaturas mayores de 32°C, porque debido al alto calor de hidratación que sumado a la elevada temperatura ambiente provoca fisuras en el concreto y disminuye su resistencia a los 7 días, hasta en un 20%.

Es importante hacer notar que los acelerantes pierden sus propiedades a --

temperaturas mayores de  $21^{\circ}\text{C}$ , y a medida que se acercan a los  $32^{\circ}\text{C}$ , ---- temperatura a la cual teóricamente su efecto es nulo. A temperaturas mayores de  $32^{\circ}\text{C}$ , su efecto se invierte y actúa como retardante.

El uso de estos materiales es bastante delicado por lo que requiere amplio conocimiento de sus características. De la dosificación de los mismos depende que en vez de acelerar el fraguado lo retarde, por lo que es de recomendarse que se empleen solamente cuando esté comprobada su utilidad mediante pruebas de laboratorio.

e).- Retardantes.- Para el caso de las obras en cualquier ciudad donde las temperaturas en verano sean demasiado elevadas, el uso de aditivos retardantes es indispensable para facilitar la colocación y bombeo del concreto. una mezcla con aditivo retardante, endurece a la temperatura de  $32^{\circ}\text{C}$  a la misma velocidad que una mezcla común a  $21^{\circ}\text{C}$ .

A la temperatura de  $21^{\circ}\text{C}$ , una mezcla con retardantes, retarda el fraguado más de 2 horas.

A temperatura de  $11^{\circ}\text{C}$  ó menos, el aditivo retardante pierde sus propiedades y ya no es recomendable su uso, prefiriendo la mezcla común.

A temperaturas mayores de  $32^{\circ}\text{C}$ , el aditivo retardante pierde eficiencia por lo que es necesario aumentar la cantidad de aditivo por saco de cemento para compensar esa pérdida de eficiencia y obtener el efecto retardante deseado.

Como ventajas de uso de aditivos retardantes podemos mencionar las siguientes:

- 1.- Facilita las operaciones en climas muy calientes.
- 2.- Mayor flexibilidad de tiempo disponible para manejo, bombeo, colocación y acabado del concreto.
- 3.- Facilita el vibrado y la reconsolidación.
- 4.- Elimina juntas frías entre colados sucesivos.
- 5.- Reduce la necesidad de enfriar los ingredientes de la mezcla de concreto.
- 6.- Mantiene la plasticidad en concretos bombeables o colocados neumáticamente.

En cualquier caso las propiedades deseadas se obtienen dosificando el aditivo correcto.

1).- **Inclusores de Aire.**— La inclusión de aire en un concreto se hace con el objeto de tener mayor resistencia al congelamiento y deshielo, y al descascaramiento por efecto de las sales.

En cuanto a la colocación y bombeo, se recomienda incluir aire al concreto para tener mejor plasticidad en la mezcla y aumentar su trabajabilidad, reduciendo además la segregación y sangrado por efecto de vibrado.

## V.- PRODUCCION E INSPECCION DEL CONCRETO EN LA OBRA.

1.- Dosificación de los materiales.-Esta operación es uno de los aspectos más importantes y de cuya uniformidad y corrección en su ejecución, depende en un elevado porcentaje la calidad del concreto resultante. Existen dos formas de hacerla, ya sea por peso o por volumen.

La dosificación por peso consiste en obtener cantidades de materiales constantes, mediante dispositivos adecuados que dan seguridad en las pesadas, -- usandose para la integración de las revolturas, cantidades de cada uno de -- los materiales en forma uniforme. Constituye la forma más eficaz y segura -- para obtener no solo uniformidad en el producto que se elabora, sino tam-- -- bión permite aprovechar al máximo la calidad de los materiales.

Teniendo en cuenta que una unidad de volumen no es una unidad constante en peso, pues varía con el grado de compactación que tenga y su humedad, se hace lógico pensar que la medición por peso será mas exacta y tendrá -- mayores ventajas para un buen control que la medición por volumen.

Las ventajas que ofrece la medición por peso sobre la de volumen son:

a).- La medición más exacta de cualquiera de los ingredientes, ya que están directamente relacionados con su densidad y el espacio sólido que ocupa en el concreto, sin que incluyan la variación de volumen debido a su compactación.

b).- La cantidad de material empleado en la proporción será exactamente la calculada. Ya que el cálculo de los proporcionamientos se basa en los -- pesos volumétricos y las densidades de los materiales.

c).- La corrección de agua por humedad de campo de cada uno de los agregados se puede hacer con suficiente exactitud, control que sería muy difícil llevar con la medición por volumen.

d).- El control de la dosificación es mucho más fácil y rígida, haya o no -- variación en la calidad de de los agregados.

e).- Resulta más económico este control, ya que los consumos de cemento pueden ser menores, debido a la uniformidad que se logra en las mezclas.

La medición por medio de peso es muy usada en grandes volúmenes, plantas mezcladoras y en los laboratorios.

La medición por medio de volumen puede dar buenos resultados cuando se -- tienen mezcladoras, y sobre todo personas responsables que esten encargadas exclusivamente en la dosificación de los materiales. Este sistema se utiliza en obras pequeñas donde no se justifica ni por calidad y economía, la instalación de dispositivos para pesar.

2.- Mezclado.- Es la operación de incorporar íntimamente la lechada de -- cemento y agua a los agregados inertes, a fin de obtener un material uní-- forme y plástico.

El mezclado del concreto puede hacerse manual o mecánico, se utilizará uno y otro procedimiento de acuerdo con el volumen e importancia de la obra.

a).- Mezclado a mano.- Este es el procedimiento más rudimentario y se -- caracteriza por las variaciones en la calidad del producto obtenido, las cua-

les se deben a la falta casi absoluta del control de los agregados que se -- utilizan y a la pérdida del material cementante, y al escurrirse las lechadas de agua -cemento.. También es frecuente la contaminación del concreto al hacer la revoltura sobre el piso natural, ésta es pequeña y diferente de otras ( se utilizan 1 ó 2 sacos cuando más en cada revoltura).

b).- Fabricación con Revolvedora común.- Para hacer la mezcla se emplea una máquina que ésta formada por una armazón metálica, que sopotta una ollas con aspas en su interior, que gira alrededor de su eje trabajando por general inclinada, esa olla gira por la acción de un motor usualmente emplea gasolina. Las hay de diversos tamaños de  $\frac{1}{4}$  de saco de cemento (10.5 kg), de  $\frac{1}{2}$  saco, de 2, 4 y 6 sacos etc.

El empleo de estos equipos requiere de un control de las cantidades de material más preciso que hecho a mano, por ejemplo pasandolas, sin embargo en lo general se les abastece midiendo los agregados por volumen, por bates. A pesar de éstos el concreto que resulta, suele tener mejor calidad que el hecho a mano. La duración de la mezcla en el equipo es del orden de 2 a 3 minutos de duración como máximo, este tiempo sumado al de carga da aproximadamente de 5 a 10 minutos por revoltura.

c) Fabricación con plantas dosificadoras.- Estas generalmente son de gran capacidad, pueden ser ollas estacionarias, o sea el concreto se mezcla ahí mismo o también pueden tener camiones revolvedores. La característica

general de estas plantas consiste en el abastecimiento de las ollas con un sistema controlado de tolvas en donde automáticamente se abastece la cantidad requerida de cada uno de los agregados, ésto se hace midiéndolo por volumen o por peso.

3.- Transporte.- La operación de transporte de un concreto se inicia desde el momento en que se le hace salir de la mezcladora, hasta el momento en que se deposita en las formas, se presentan en él tendencias a producirse -- dos fenómenos perjudiciales, que son la segregación y la pérdida de manejabilidad.

La razón principal por la que se presenta la segregación en el concreto, es que éste no es un producto homogéneo, por encontrarse constituido por materiales de diferente naturaleza, otra de las causas es un mal sistema de -- transporte, con los movimientos inertes y vibraciones , las partículas de mayor tamaño, tienden a separarse de las más pequeñas, ésto se hace más notable mientras más fluida esté la mezcla. Para evitar la segregación conviene usar mezclas lo menos fluidas posibles, pero con la manejabilidad suficiente.

Se debe tomar en cuenta también que las mezclas demasiado secas son fácilmente segregables.

La pérdida de manejabilidad se debe principalmente a la pérdida de agua -- durante el transporte, ya sea por absorción de los agregados, por evaporación, o la que se pierde al mojarse los recipientes que vayan conteniendo el concreto.

Dentro de los sistemas más comunes de transporte que se usan, pueden citarse los siguientes: Vaciado directo a la forma, trompas de elefante, canales, bandas transportadoras, vogues, vagonetas o camiones, cajas de volteo, remezcladoras, elevadores, botes, bombeo e impulsores neumáticos.

4.- Descarga de revoltura.- No consiste simplemente en hacer salir de la -- mezcladora el material revuelto, éste aspecto es bastante delicado y está -- intimamente ligado con el transporte que posteriormente dé salida a la re-- voltura hasta las formas para su colocación, pero en general, es siempre re-- comendable evitar la caída libre y directa desde la mezcladora a la forma, piso o vehículo que haya de transportarla y debiendo hacerse siempre sobre una tolva con compuerta, colocada inmediatamente a la salida de la mezcla-- dora. Esta tolva con compuerta cuya capacidad debe ser 2 o 3 veces la de la revoltura elaborada, se comporta como almacenamiento regulador de la producción y como regulador también de la uniformidad de la revoltura ela-- borada, la cual en la sola operación de descarga puede, aun siendo uniforme dentro de la olla, segregarse solamente por este hecho. Es regulador de la - producción porque elimina esperas de la mezcladora, si el equipo distribuidor del concreto no es eficiente o regular en sus movimientos y evita tiempos - excesivos de mezclado, los cuales originan resecamientos de la revoltura.

5.- Colocación y Vibrado.- Antes de proceder a colocar un concreto, se requieren ciertos preparativos para garantizar buenas juntas que sea como des-- plante para cimentaciones o para liga de varios concretos.

Todas las superficies de cimentación sobre o contra las cuales haya de colocarse concreto, se limpiarán de agua estancada, lodo o basura antes de colocar el concreto, además deben de estar libres de aceite, grasas, capas de materiales objetables. Las superficies de cimentación que sean absorbentes deberán ser humedecidas con el fin de que no se reste humedad a la revoltura.

Al vaciarse el concreto dentro de los moldes, se pretende formar un cuerpo sólido, compacto, de buena calidad y de la mayor resistencia posible, para lograr ésto, es conveniente ayudarse en la colocación de medios mecánicos -- como son los vibradores. Las vibraciones originadas por ellos dentro de la mezcla, tienen por objeto la expulsión de las burbujas de aire retenidas por ésta al caer a la forma o molde, así como rellenar los huecos y cavidades que pueda haber; en estas condiciones el concreto adquiere mayor densidad y más uniformidad en el acomodamiento de sus partículas.

La operación de un vibrador para acomodar la mezcla, no debe ser simplemente sumergirlo dentro de la masa de la misma, es necesario guardar cierto orden de avance para tener la seguridad de hacer una compactación en toda la masa del concreto. La posición del vibrador debe ser vertical y la operación debe ser una serie de immersiones y emersiones consecutivas hasta que la mezcla quede compacta. La manifestación de que una revoltura ya está compacta es la presencia de la lechada en la superficie, pero sin provocar segregaciones por el exceso de la vibración haciendo que se decante el agredado grueso y alore en capas gruesas el mortero o la lechada.

La colocación del concreto se debe ir haciendo por capas de espesor variable, que depende de la efectividad del vibrado, dando el tiempo suficiente para que se vibre una capa antes de colocar la siguiente.

Se recomienda que la distancia entre las diferentes posiciones del vibrado no sea mayor de 50 cm. especialmente si se trata de concreto armado.

**6.- Sangrado.-** Esta es una forma de segregación en que el agua de mezcla tiende a elevarse a la superficie del concreto fresco ya colocado.

El sangrado puede evitarse retrasando las operaciones de terminación hasta que el agua del sangrado se haya evaporado, o bien, mediante el empleo de llanas de madera evitando un tratamiento excesivo.

El sangrado se presenta con mayor frecuencia en las losas de poco espesor, especialmente pavimentos, en donde el ataque de las heladas constituye un aspecto de especial peligro.

**7.- Curado.-** El curado del concreto es de vital importancia, por lo que se debe hacer en forma adecuada si se desea obtener la resistencia supuesta y una calidad satisfactoria. Es importante evitar la evaporación o pérdida excesiva del agua del concreto recién vaciado, ya que causa contracciones en el concreto y crea esfuerzos de tensión en la superficie seca, que dan como resultado agrietamientos en la superficie.

En los climas cálidos y secos, la acción de las temperaturas elevadas, originan una mayor pérdida de agua de la mezcla por evaporación, siendo natural que se requieran mas atenciones en estos climas que en los climas húmedos y frios.

Los métodos apropiados para obtener un buen curado de los concretos son - varios: manteniendo la superficie del concreto continuamente húmeda medianteriego o almacenamiento de agua, o bien mediante capas de arena o simplemente tierra, o ayutes humedecidos, o bién mediante la aplicación de películas impermeables, ya sean asfaltos o cualquier otro aditivo.

Se ha demostrado por medio de experiencias, que cuando el agua de la - mezcla se ha perdido, las reacciones del cemento se suspenden disminuyendo notablemente el incremento de la resistencia del concreto. Como se muestra en la figura No. 8 (resistencia-tiempo), corresponde a los concretos - --- hechos con cemento tipo I y III, deben considerarse como una aproximación, ya que cementos de un mismo tipo pueden diferir en el desarrollo de su --- resistencia; de cualquier manera, constituyen una guía y son de utilidad para conocer la relación entre resistencias a distintas edades.

La mayor parte de las resistencias adquiridas por el concreto, es desarrollada durante los primeros 28 días, ya que la hidratación de los componentes del cemento y su endurecimiento, no se verifican instantaneamente, necesi--tandose años, para alcanzar su resistencia definitiva.

Puede decirse que el mayor beneficio que se obtiene con el curado del - --

concreto, se tiene generalmente cuando éste se hace durante siete días -- como mínimo, sin embargo, se obtienen mejores resultados si el curado se -- prolonga 10 ó 14 días, además se puede considerar que ya no es práctico, -- económicamente prolongar el curado después de los 14 días, aunque la resis- -- tencia deseada no se haya alcanzado aún, ya que a medida que el concreto desarrolla su resistencia, la velocidad de evaporación se reduce, y como -- consecuencia la humedad se retiene por mucho más tiempo.

8.- Muestreo del concreto.- Una vez que ha sido asegurada la calidad de los materiales y determinado el proporcionamiento adecuado con el que se -- habrá de fabricar el concreto, es necesario hacer una comprobación de la -- calidad del concreto elaborado, dichas muestras son cilindros o cubos de -- prueba, que representan las condiciones del concreto de cada parte de la -- estructura de la cual se va a comprobar su resistencia.

Las dimensiones standard de los cilindros de prueba son 6" de diámetro por 12" de altura (15x30 cms), todos los moldes deben estar provistos de una -- placa de fierro con espesor mínimo de 6.4 mm. (1/4"), con una de sus caras maquinada, la cual conviene esté ligada al molde cilíndrico mediante torni- -- llos. Debe tenerse especial cuidado de que las partes del molde y sus juntas sean impermeables para evitar la fuga del agua al moldear el concreto. Las paredes del molde y la placa adicional deberán estar siempre engrasadas.

La compactación se logra mediante un vibrador de tipo de inmersión con -- vástago de 25.4 mm. (1") de diámetro o varilla de fierro redondo liso de -- 16 mm. (5/8") de diámetro y 60 cm. de largo aproximadamente, con extre-

mo de casquete esférico de 16 mm. de diámetro.

**Procedimiento.- (compactación)**

Los cilindros de prueba deben ser llenados en tres capas dando 25 golpes -- por capa para su compactación con una varilla, cuidando que al golpear la -- 2a. y 3a. capa no penetre más de 25 mm., en la anteriormente compactada. Si se emplea vibrador, la compactación se hace en 2 capas, haciendo tres o cuatro inmersiones del vibrador durante 3 ó 4 segundos cada una de ellas, a continuación se entasa el molde y alisa la superficie.

Se debe tener la precaución de que los moldes con su contenido permanezcan en reposo durante 24 horas protegidos del sol y el viento que pueden -- influir en su pérdida de humedad, después de las 24 horas de haber sido colados, se les quita el molde y se debe tener el cuidado suficiente para no lastimar el espécimen evitando golpearlo en la operación.

**Curado y almacenamiento de los cilindros de prueba.-** Una vez quitado el -- molde del espécimen, se marcará tanto en una de sus bases como en la superficie cilíndrica, con la identificación que le corresponda (número de serie y fecha de colado); al mismo tiempo se anotarán estos datos en los registros adicionales de que se disponga, completándolos con la edad de prueba -- y fecha de ejecución. Acto continuo el espécimen se protegerá de la pérdida de humedad, colocándolo en el cuarto de curado a una temperatura comprendida entre 21° y 25°C, humedad relativa de 100 %, inmersión en agua, o -- enterrándoles en arena, la cual estará perfectamente húmeda. El espécimen deberá permanecer en cualquiera de las condiciones señaladas anteriormente,

hasta el momento de su prueba.

**Preparación de las bases de los cilindros de prueba.-** Las bases de los espécimenes, en lo general, no presentan superficies verdaderamente planas, por lo que siempre hay la necesidad de emparejarlas con algún material lo suficientemente resistente y capaz de transmitir antes de deteriorarse, las cargas que se apliquen durante las pruebas. La mezcla más satisfactoria en uso es la del azufre con algún material inerte finamente molido; este último puede ser arcilla cribada.

**Ruptura de cilindros.-** Los espécimenes de concreto deberán romperse o probarse a la compresión tan pronto como sea posible después de haberlos retirado del cuarto de curado.

#### Equipo:

**Máquina de compresión:** la cabeza de carga deberá presentar un casquete esférico que le permita tomar la posición exacta de la superficie de apoyo del cilindro, para lograr una carga axial. Esta deberá tener un diámetro mínimo igual al de la superficie del espécimen que se va a probar y su funcionamiento deberá comprobarse al iniciar cada prueba, engrasándola y limpiándola.

#### Procedimiento:

1o.- El espécimen se deberá colocar en la mesa de la máquina, la cual presenta una serie de círculos concéntricos de distintos diámetros, con objeto -

de que el espécimen quede bien centrado.

2o.- En la máquina de compresión hay que cerciorarse de que la aguja marque ceto sobre la carátula.

3o.- Se hace funcionar la máquina de modo que el cilindro de prueba se -- aproxime lentamente a la cabeza de carga hasta que encuentre apoyo completo, sin ocasionar choque.

4o.- Se va aplicando la carga uniformemente a razón de 141 kg/cm2/minutos hasta la falla del espécimen.

5o.- La carga total necesaria para ocasionar la falla del espécimen debe ser registrada y expresarse como resistencia unitaria en kg/cm2

Cálculo:

$$\text{Resistencia unitaria } F' C = \text{kg/cm}^2 = \frac{P}{S}$$

P= Carga total registrada en kg.

S= Sección del espécimen de prueba en cm2.

B.- Ensayes de trabajabilidad y consistencia.- Para que no haya variación -- en la trabajabilidad y consistencia del concreto elaborado, se tiene que --- hacer con frecuencia la prueba de revenimiento y basado en esto, corregir a tiempo cualquier anomalía.

Esta prueba consiste en llenar un molde de forma troncocónica de 30 cms. de altura, 20 cms. en la base mayor y 10 cm. de diámetro en la base menor, mediante 3 capas de concreto fresco compactado con una varilla de 16 mm. de diámetro con punta terminada en forma de bala, dando 25 golpes a cada una de dichas capas. Una vez lleno el molde, se entasa el borde superior y se levanta. Se llama revenimiento a la medida del asentamiento que experimenta la masa al retirarse el molde. Un revenimiento pequeño indica una consistencia dura, mientras que uno grande revela una muy fluida.

El número de cilindros de prueba se indican en las especificaciones generales que hacen con el contratista y por lo general se sigue el criterio siguiente, no solamente es importante conocer la resistencia del concreto a los 28 días de edad, sino también es necesario saber con seguridad la resistencia que la estructura alcanza antes de los 28 días de edad, ya sea para decimbrar o para que permita el avance y aprovechamiento de ella misma como estabón de la construcción, es necesario que acepte las cargas y esfuerzos a que vayan a quedar sometidas, así que también se prueban cilindros a los 3,7,14,28 días y a las 24 horas cuando se curan con vapor.

En la tabla No. 1, se presenta la manera de hacer el reporte de los cilindros a la comprensión para un F'c = 180 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días con agregado de 3/4.

ESTADÍSTICA DE RESULTADOS

NUM.	UBICACION	DIAMETRO	REVEN.	FECHA	FECHA RUPTURA	EDAD	CARGA KGS	AREA CM2	KG/CM2	% F.C.
1	Nivel A eje 2	15	8	15-03-80	22-03-80	7	22,000	176.7	124.5	69
2	Nivel A eje 2	15	9	15-03-80	22-03-80	7	23,500	176.7	132.9	74
3	Nivel A eje 7	15	9	23-03-80	6-04-80	14	27,000	176.7	152.8	85
4	Nivel A eje 7	15	10	23-03-80	6-04-80	14	28,000	176.7	158.4	88
5	Nivel A eje 10	15	8	26-03-80	24-04-80	28	32,800	176.7	185.6	103
6	Nivel A eje 10	15	10	26-03-80	24-04-80	28	33,100	176.7	187.3	104

OBSERVACIONES: Los cilindros ensayados a 7, 14 y 28 días fabricados con la mezcla de prueba en estudio, resultaron dentro de las normas establecidas en los concretos a dichas edades, a 7 días la resistencia en % debe estar comprendida entre el 65 y 75 %, a 14 días del 80 al 85 % y a los 28 días el 90 % mínimo. Esta última se fija porque el fraguado -- del concreto puede recuperarse a las edades mayores a 28 días y alcanzar el 100 % de la fatiga.

TABLA No. 1

## VII.- VALUACION DE LOS RESULTADOS DE ENSAYES DE COMPRESION DE CONCRETO EN EL CAMPO.

La función principal de los ensayos de compresión de concreto en el campo es asegurar la producción de concreto uniforme y de la resistencia y calidad adecuada. Como el concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneos, está sujeto a la influencia de numerosas variables. Las características de cada uno de los ingredientes del concreto puede producir variaciones que dependen de su uniformidad. Las variaciones también pueden deberse a las prácticas utilizadas en el proporcionamiento, mezclado, transporte, colocación y curado. Además de las variaciones que existen en el concreto -- también se introducen en el concreto mismo, ensayo y cuidado de los especímenes de ensayo. Las variaciones en la resistencia del concreto deben -- aceptarse; pero puede producirse un concreto de la calidad adecuada si se mantiene un control correcto, si se interpretan adecuadamente los resultados de ensayo, y si se consideran las limitaciones.

El control adecuado se alcanza mediante el uso de materiales satisfactorios, mezclados debidamente para lograr un concreto económico de la calidad deseada, y si se siguen prácticas correctas en el transporte, colocación, curado y protección del concreto fresco. Aunque las variables que intervienen en el concreto evitan alcanzar una uniformidad completa, una variación excesiva en la resistencia del concreto significa un control inadecuado. Si se mejora el control, se puede reducir el costo del concreto ya que la resistencia promedio puede ajustarse en forma más precisa a los requisitos de las especificaciones.

Los espécimenes de ensayos indican la resistencia potencial de una estructura más que su resistencia real; una mano de obra deficiente al colocar y -- curar el concreto puede producir reducciones en la resistencia que no se reflejan en los ensayos. Siempre que sea práctico las conclusiones sobre la resistencia del concreto deben derivarse de un conjunto de ensayos a partir -- del cual se puede estimar en forma más precisa las características y unifor -- midad del concreto. Si se confía demasiado en los resultados de unos cuan-- tos ensayos, las conclusiones que se alcancen pueden ser erróneas.

Los métodos estadísticos proporcionan una herramienta muy valiosa para in-- terpretar los resultados de los ensayos de resistencia y tal información es -- también valiosa para refinar los criterios de diseño y las especificaciones.

Cartas de control de calidad.- Estas se han usado en las industrias de fa-- bricación durante muchos años como una ayuda, para lograr uniformidad y eficiencia en la producción.

El tratamiento estadístico se debe aplicar sólo en una situación en que las proporciones de la mezcla permanezcan invariables, durante períodos de tiem-- po considerables.

Las cartas de control son útiles para estudiar tendencias y requisitos para -- ajustar mezclas si se están obteniendo resistencias bajas. Los puntos que - - caen fuera de los límites calculados indican que algo ha afectado al control del proceso.

A continuación se ilustrará una carta de control de calidad figura No. 8, a partir de los resultados de ensayos individuales según tabla No. 1.

Según la carta de control de calidad, se muestran dos curvas (7 y 28 días), que representan los resultados de los ensayos.

La línea inferior en la figura indica los meses en que se coloque el concreto y la línea lateral indica la resistencia a la compresión del concreto en  $\text{kg/cm}^2$ .

# CARTA DE CONTROL DE CALIDAD

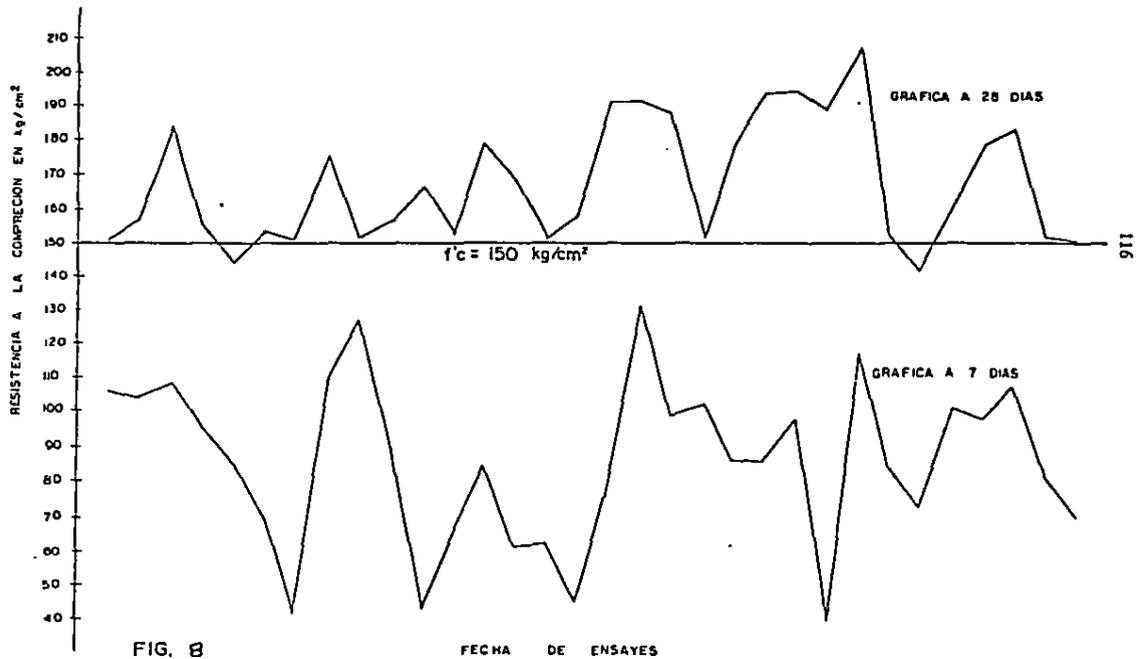


FIG. 8

## BIBLIOGRAFIA

- MECANICA DE SUELOS E. JUAREZ BADILLO  
A. RICO
- SELECCION Y EMPLEO DE AGREGADOS  
PARA CONCRETO I.M.C.C.
- APUNTES DE LA CLASE DE RESISTENCIA  
DE MATERIALES ING. CARLOS TRUJILLO
- PRACTICAS LABORATORIO DE MATERIALES ING. TORIBIO VALLE
- INSTRUCTIVO PARA CONCRETO S.R.H.
- PRACTICAS RECOMENDABLES PARA EL PRO-  
PORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO REPORTE A CI 613.54
- CEMENTO PORTLAND I.M.C.C.
- GEOLOGIA GENERAL TOMO I E. LOPEZ RAMOS
- INSTRUCTIVO PARA EXPLOTACION Y  
PRUEBAS DE BANCO DE ROCA S.R.H.
- TECNOLOGIA DEL CONCRETO ADAM. N. NEVILLE  
I.M.C.C.