

113  
2ej.

# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



## TECNOLOGIA DEL CONCRETO PRODUCIDO EN PLANTA

T E S I S

Que para obtener el Título de:  
INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a n:

*Nestor Oropeza Luna*  
*José David Ruiz Camacho*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1988





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

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

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

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

## SEMINARIO DE TESIS

### TECNOLOGIA DEL CONCRETO PRODUCIDO EN PLANTA

#### TEMARIO

1.- INTRODUCCION

2.- SELECCION Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS

3.- PROCESO DE PRODUCCION EN PLANTA

4.- CONTROL DE CALIDAD EN PLANTA

5.- ENTREGA Y COLOCACION

6.- CONCLUSIONES

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Enormes han sido los avances logrados en la elaboración del concreto. Desde aquel concreto hecho artesanalmente hasta el producido actualmente en planta han mediado años de estudio e investigación por parte de ingenieros y científicos. Avance que se traduce en la ejecución de obras de ingeniería más atrevidas y seguras, impensables en el pasado.

El éxito del concreto como material de construcción se debe a características tales como economía de fabricación, resistente, moldeable, aislante, durable, impermeable, etc.

La evolución del concreto, como material de construcción, se remonta al siglo XVIII. 1824 año en que se patentó el cemento portland y cuyo uso se limitaba al de servir como mortero de albañilería bajo el agua. Transcurrió poco tiempo entre el empleo del cemento portland como mortero de albañilería y su uso con piedras partidas en fragmentos pequeños mezclados con mortero, es decir, en el concreto.

Dado que el concreto simple es muy resistente a la compresión, pero débil a la tensión y que el acero es muy resistente a la tensión, en aquellas zonas del elemento estructural en la que el concreto simple está sometido a tensión se introducen barras de acero para que sea éste el que tome los esfuerzos de tensión. De la combinación de concreto simple y del acero de refuerzo resulta el concreto reforzado.

Al principio la construcción de concreto se desarrolló principalmente como un arte del constructor, pero la rápida expansión del campo de aplicación del concreto reforzado hizo surgir la necesidad de investigación en ingeniería.

La selección de las proporciones que se usaron en los albores del concreto era muy arbitraria y los resultados fueron más o menos casuales. Con el descubrimiento de la función primordial de la relación agua-cemento y el desarrollo de equipos para el proceso de agregados, mezclado y manejo de grandes volúmenes de concreto y con el mejoramiento de los cementos, la tecnología del concreto ha avanzado hasta el punto de poder dosificar las mezclas, es decir, se ha logrado determinar las proporciones de ingredientes que cumplen las exigencias de cualquiera de las diversas aplicaciones del concreto.

El advenimiento de la inclusión de aire en la tecnología del concreto, ha sido un avance comparable con la declaración del efecto que ejerce el control de la relación agua-cemento en la resistencia del concreto. La inclusión de aire no sólo ha suministrado una base para controlar la resistencia a la acción del congelamiento, sino que ha tomado también un sitio importante entre los principales factores que influyen en la trabajabilidad.

La elaboración del concreto en obra era tarea común del ingeniero, pero la cada vez más especializada tecnología del concreto ha dado pie para la aparición de empresas dedicadas a la elaboración de éste, en planta. Empresas que deben el éxito a la calidad del producto puesto en obra.

La calidad del concreto se valora por el cumplimiento de parámetros fijados de antemano, tales son: resistencia a compresión, revenimiento, trabajabilidad, tamaño máximo de agregado grueso, granulometría, tipo de cemento, relación agua-cemento, etc.

El cumplimiento de los parámetros es logrado gracias al control estricto de métodos, equipo y materiales que intervienen en la elaboración del concreto (cemento, grava, arena, agua y aditivos), así como un adecuado dosificado, mezclado, transporte, colocación y curado, éstos dos últimos responsabilidad del constructor.

Un fenómeno que afecta la resistencia de diseño del concreto es la segregación, fenómeno por el cual hay separación entre el agregado grueso y el mortero. De ahí la importancia de controlar adecuadamente el almacenamiento de agregado grueso, dosificado, mezclado, transporte y colocación del concreto.

Debido a la importancia y al desarrollo de esta industria se fundó, en mayo de 1958, la Asociación Nacional de Concreto Premezclado, con el fin de lograr reunir en su seno la representación de todas y cada una de las plantas premezcladoras de todo el país.

Esta Asociación Nacional de Concreto Premezclado, que se ha desarrollado paralelamente con el incremento obtenido por la industria en la producción del concreto, realizó la Primera Convención Nacional de la Industria de Concreto Premezclado en octubre de 1965, y el Primer Congreso Nacional del Concreto en el año de 1966.

Esta Asociación creó un Laboratorio Central con carácter de institución autónoma, con la función de controlar y vigilar la calidad uniforme de la producción de cada una de las plantas, así como realizar las tareas de verificación en obras, con el fin de obtener nuevas y mejores calidades del concreto, evitar gastos y riesgos inútiles y establecer saludables normas de producción para la industria.

El laboratorio está gobernado por una dirección técnica, integrada por representantes del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, del Colegio de Ingenieros Civiles de México, del Colegio de Arquitectos de México, de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción y de la propia Asociación.

## CAPITULO "2"

### SELECCION Y CONTROL DE CALIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS

#### "AGREGADOS"

**Definición.**- Los agregados o materiales inertes que se utilizan en la elaboración del concreto hidráulico son de volumen prácticamente constante, éstos al ser usados en conjunto con agua y cemento, en las proporciones adecuadas, nos dan morteros y concretos con características mecánicas muy diversas.

**Características generales.**- Los agregados por su gran variabilidad representan ciertos problemas debido a la influencia que ejercen sobre las otras cantidades de los demás ingredientes, principalmente cemento y agua.

Prácticamente al utilizar en su estado natural o con ligeras modificaciones, es imprescindible mantener sobre ellos el mayor control posible, con el fin de disminuir o prevenir las variaciones que impidan la uniformidad necesaria para elaborar las mezclas de concreto.

Fines por los cuales se utilizan los agregados.

I.- Para reducir al mínimo los cambios volumétricos cuando se origina el fraguado del cemento, ya que éstos intervienen como disipadores del calor de fraguado.

II.- Al mezclarse con la pasta cementante (cemento y agua) originan un abundamiento.

Refiriéndonos al primer inciso, los cambios volumétricos se presentan como consecuencia de la reacción química entre el agua y cemento, originándose expansiones al principio y contracciones posteriores dentro de la masa, lo cual provoca la presencia de grietas. Tales agrietamientos se pueden evitar con la inclusión de los agregados pétreos que permiten la



disipación del calor producido en el interior. Los agrietamientos no sólo indican el debilitamiento de la resistencia del concreto, sino que provocan la entrada del agua que al hacer contacto con el acero de refuerzo lo dañan y, además se provoca la aparición de esfuerzos interiores. Con los problemas anteriores se reduce la vida útil del elemento estructural afectado.

El segundo fin de utilizar los agregados con la pasta cementante tiene justificación económica, ya que la cantidad óptima de agregados que se pueda usar con una cantidad fija de pasta en un metro cúbico de concreto, sin alterar su trabajabilidad, durabilidad y resistencia, redundará en una mayor economía.

Clasificación de los agregados por su tamaño.

Los agregados pétreos se dividen en finos y gruesos, los primeros constituyen las arenas y los segundos, dependiendo del tamaño máximo de sus granos, comprenden los gujarros, la piedra triturada y la grava.

Arena.- El agregado fino o arena se compone del material desde el más fino (excepto el polvo), hasta aquella que apenas pasa por la malla # 4.

Grava.- Por agregado grueso o grava, se entiende todo material granular o partícula de piedra retenida por la malla # 4, hasta el tamaño máximo de partícula que se haya escogido para el concreto.

Por su procedencia, los agregados se clasifican en agregados pétreos naturales manufacturados y mixtos.

Agregados pétreos naturales.- Son los que no han sufrido algún proceso químico industrial para su obtención. Entre los agregados naturales podemos mencionar los cantos rodados que son producidos por el arrastre de los

ríos. Otro tipo de agregados naturales son los obtenidos por la explotación de una cantera.

Agregados pétreos manufacturados.- Los agregados pétreos manufacturados, son el resultado de la industrialización de otros materiales que constituyen la materia prima y que al calcinarse o al someterse a cambios químicos, o por algunos tratamientos especiales, producen en ellos una transformación para brindarnos materiales pétreos adecuados para el concreto.

Mixtos.- Se obtienen al combinar los materiales pétreos naturales y los manufacturados.

Características que deben de tomarse en cuenta para la selección y uso de los agregados.

#### Agregado Grueso

- 1.- Tamaño máximo.- Dependerá de la pieza o elemento a fabricar.
- 2.- Granulometría.- Importante porque influye en la densidad, compacidad y demanda de agua y cemento.
- 3.- Humedad.- Necesaria para determinar la cantidad dentro de la mezcla.
- 4.- Absorción.- Ligada a la humedad por lo que respecta al agua necesaria en la mezcla.
- 5.- Forma y textura superficial.- De importancia en relación a su acomodo y comportamiento dentro de la mezcla.
- 6.- Densidad.- Necesaria para el proporcionamiento.
- 7.- Contaminación de arena.- Dato que se necesita para la determinación de la cantidad necesaria de agregado fino.
- 8.- Cantidad de partículas ligeras y suaves.- Indica la contamina-

ción de materiales extraños para la fabricación del concreto.

- 9.- Desgaste.- De importancia para elementos sujetos al mismo.
- 10.- Resistencia a la corrosión.- Necesaria en concretos sujetos a ataque químico.
- 11.- Peso volumétrico suelto y compactado.- Dato necesario para el proporcionamiento.

#### Agregado Fino

- 1.- Granulometría.- Determinante por su intervención en las cantidades de otros materiales principalmente cemento y en la trabajabilidad de la mezcla.
- 2.- Densidad.- Importante para la elaboración del proporcionamiento.
- 3.- Peso volumétrico.- Dato que se necesita para el proporcionamiento.
- 4.- Contenido de materia orgánica.- Para determinar la presencia de materias dañinas al concreto.
- 5.- Módulo de finura.- Interviene junto con el tamaño máximo del agregado grueso, en la cantidad de éste, que puede enviarse por unidad de volumen.
- 6.- Forma y textura superficial.- Interviene igualmente como con el agregado grueso.
- 7.- Humedad superficial.- Nos indica la cantidad de agua para la mezcla tomando en cuenta los ajustes necesarios.
- 8.- Cantidad de material que pasa por la malla # 200.- Es importante para determinar la cantidad de cemento necesario para cubrir, el área superficial de los agregados. Un exceso de éstos finos puede incrementar el uso del cemento.

De las características anteriores la granulometría es esencial para la elaboración de un concreto balanceado que permita dar un concreto de calidad. Al llenar los espacios, dejados por el agregado grueso, y al lubricar la mezcla y el contenido de materia orgánica se obtienen características muy benéficas para el concreto ya elaborado.

#### Fuente de abastecimiento de agregados

Las fuentes de abastecimiento probables de agregados necesarios para la elaboración del concreto, son las siguientes:

1.- Depósitos fluviales

2.- Bancos

3.- Arenas y gravas volcánicas

4.- Arenas de playas marítimas y lacustres

5.- Canteras

1.- Depósitos fluviales.- Por los depósitos fluviales se entienden los cauces de los ríos abandonados o actuales. Estos proporcionan agragados redondeados de fácil y económica explotación; sin embargo, en las zonas tropicales contienen generalmente elevados porcentajes de materia orgánica que resulta perjudicial para el concreto.

2.- Bancos.- Están formados por depósitos de materiales fragmentados - que se cubrieron posteriormente por otros. Por éste motivo, es preciso proceder a su explotación abriendo galerías o atacando grandes frentes.

3.- Arenas y gravas volcánicas.- Suelen encontrarse en las faldas y zonas próximas a los volcanes y están formadas por cenizas, basaltos, andesitas y tobas volcánicas.

4.- Arenas de playas marítimas y lacustres.- Estos agregados debido a una constante clasificación que sufren por las corrientes del mar

(oleaje) y por el viento, se depositan en zonas, por partículas casi del mismo tamaño, lo cual requiere que, para obtener agregados con granulometría adecuada, se proceda a mezclar agregados de diferentes zonas. Como se sabe las arenas de las playas marítimas contienen sales que dañan los concretos, como los cloruros y los sulfatos. Por este motivo es necesario someterlos a un tratamiento de lavado previo a su utilización.

5.- Canteras.- Estas fuentes de abastecimiento se encuentran en las laderas de cerros y montañas. Su explotación se lleva a cabo en forma abierta parcial o total, atacando uno o varios frentes laterales del cerro o de la montaña. El material resultante generalmente es de buena calidad pero que debe de someterse a un proceso de trituración para reducir los tamaños de las partículas. Es indispensable elegir zonas sanas de estructura uniforme, debiendo eliminar las rocas foliadas como las pizarras, los esquistos y otras, a fin de no obtener agregados lajeados o alargados.

#### Explotación de agregados pétreos para concreto

estudios preliminares.- Antes de proceder a la explotación de un yacimiento de agregados, se deben efectuar estudios preliminares para verificar la calidad de los materiales existentes y lograr un mejor aprovechamiento.

La explotación debe hacerse bajo la supervisión de técnicos reconocidos en ésta área de trabajo, ya que con ello se asegura la obtención de materiales con los tamaños adecuados y a un buen costo.

En la explotación de un yacimiento se siguen algunos pasos preliminares, éstos consisten en primer lugar en el desmonte del terreno que cubre las capas de roca útil y en el caso de arenas y gravas de río, con la eliminación de materiales ajenos que las cubre.

Secuencia que se sigue para la obtención de agregados pétreos utilizados en la elaboración del concreto

- 1.- Ubicación del yacimiento y referencia por medio de poligonales u otros procedimientos.
- 2.- Muestreo de campo a fin de obtener muestras representativas del material existente.
- 3.- Estudios de laboratorio para la obtención de sus características físicas, composición mineralógica, etc.
- 4.- Explotación del yacimiento con el equipo apropiado.
- 5.- Determinación de los porcentajes de agregado grueso y fino.
- 6.- Clasificación final de arena y grava.
- 7.- Almacenamiento en sitio
- 8.- Transporte a la planta

Equipo de mayor empleo para la extracción de agregados pétreos

La explotación de canteras se realiza de acuerdo a las condiciones existentes en que se encuentre el material. En las canteras para piedra triturada se efectúan las voladuras mediante barrenos verticales, horizontales e inclinados. Para pequeñas perforaciones se utilizan martillos neumáticos y para las largas se emplean perforadoras giratorias. Tratándose de materiales volcánicos, la extracción se realiza con la ayuda de palas mecánicas, equipo manual y explosivos.

La explotación de minas se puede hacer a cielo abierto o mediante tiros y galerías, con el uso de bulldozers y escarpas. Cuando se presente el caso de tiros y galerías, el material explotado se deberá extraer con la ayuda de malacates.

## Pruetas físicas que deben efectuarse a los agregados pétreos

Muestréo de agregados en tajos a cielo abierto.- Cuando el yacimiento tiene un frente de ataque, la muestra se toma de él, haciendo zanjas verticales en el espesor útil, teniendo cuidado en evitar que el material extraño caiga sobre el frente abierto.

Las muestras se tomarán del frente por secciones, que cubran desde la parte superior hasta la parte inferior de los estratos que lo forman en las diferentes secciones. Las muestras parciales se mezclarán para formar una muestra compuesta de cada estrato, de la que, por el método de cuarteos sucesivos, se secará la muestra por ensayar. (Ver la siguiente figura).

El orden en que se tomarán las muestras, será siguiendo una trayectoria helicoidal que se iniciará en el vértice del montículo, según se muestra en la figura antes mencionada, y continuando el movimiento hasta terminar en la parte inferior, para con ello cubrir todo el contorno lateral del montículo.



Elevación



Planta

## Análisis Granulométrico

### Agregado fino

Se entiende por análisis granulométrico al procedimiento manual o mecánico, para determinar, mediante un cribado por mallas, las cantidades en peso de cada tamaño que constituyen del total de los agregados pétreos.

La muestra por analizarse debe ser el resultado final de la reducción

por cuarteo y no se deberá permitir el ajuste a una masa predeterminada.

Procedimiento.- Se seca la muestra a una temperatura de 110 grados centígrados con una tolerancia de más menos 5, en un horno de secado con termostato. Después se arman las cribas en orden descendente de aberturas, terminando con la charola al fondo, y después de colocar la muestra sobre la malla # 4 se ajusta la tapa en la parte superior. Posteriormente se procede al cribado manual por medio de un movimiento giratorio lateral del juego de mallas, acompañando por un golpeteo en la tapa de la malla superior.

Se continúa el cribado por un período suficiente de tal manera que, después de haberse completado, no más del 1% en masa del residuo, en cualquier criba individual, pase ésta criba durante un tiempo de un minuto de cribado manual continuo.

Una vez efectuado el tiempo de cribado se van desacoplando las charolas, empezando por la # 4. Lo que sigue es colocar sobre una hoja de papel el material de cada malla, después se procede al pesado.

#### Ejemplo del análisis granulométrico de una arena

# de malla	Peso retenido ( grs )	Por ciento del total	Por ciento de enteros	Por ciento de enteros acumulados
4	46.0	9.30	9.0	9.0
8	76.5	15.30	15.0	24.0
16	82.0	16.50	17.0	41.0
30	76.0	15.20	15.0	56.0
50	58.0	11.60	12.0	68.0
100	56.0	11.20	11.0	79.0
200	42.0	8.40	8.0	87.0
Charola	63.5	12.70	13.0	100.0
Sumas	500.0	100.00	100.0	

El módulo de finura se obtiene sumando los porcentajes retenidos en las



mallas # 4 a la # 100 inclusive, y dividiendo la suma entre 100.

$$\text{Módulo de finura} = \frac{9+24+41+56+68+79}{100} = 2.77$$

Límites de valores en sus módulos de finura

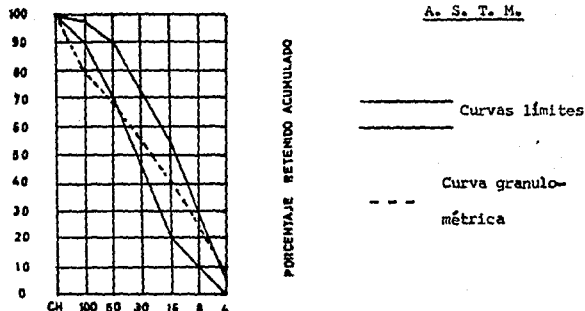
Arena Cuarzosa ----- 2.5 a 3.5

Arena Fina ----- 1.5 a 2.5

Arena muy fina ----- 0.5 a 1.5

Ahora veamos cuál es el comportamiento de la curva granulométrica de éste material (ASTM). Ver la siguiente gráfica.

LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA EN LAS ARENAS



La curva granulométrica adopta a alguna de las curvas límites de las especificaciones, según se puede apreciar.

En el caso de tener que realizar alguna corrección de una mala granulometría, por medio de una nueva cribación, por determinadas mallas, resulta costoso y poco práctico, por lo que es aconsejable mejorar sus características granulométricas mediante la inclusión de otro tipo de agregado.

### Agregado grueso

El procedimiento que se sigue es semejante al de la arena, con la excepción de las mallas y del peso de la muestra.

La masa de la muestra seca del agregado grueso debe ser por lo menos lo indicado en la tabla siguiente:

Tamaño nominal máximo ( m m )	Masa mínima de la muestra ( k g )
3/8	2
1/2	4
3/4	8
1	12
1 1/2	16
2	20
2 1/2	25
3	45
3 1/2	70

Las muestras traídas del banco se combinan entre sí y se procede a efectuar su cuarteo con el objeto de tener una muestra representativa total, que después es secada como en el caso de la arena. El cribado puede ser manual ya que por ser de fácil manejo las piedras, éstas se pueden manipular, y se realiza con movimientos laterales y verticales. Una vez terminado el cribado se pesa cada uno de los contenidos de las mallas y se hace el cálculo de los porcentajes retenidos para después hacer la gráfica.

Ejemplo del análisis granulométrico de una muestra de grava.

# de malla	Peso retenido ( grs )	Por ciento del total	Por ciento de enteros	Por ciento de enteros acumulados
1 1/2	0.700	2.86	3.00	3.00
1	6.000	24.50	24.00	27.00
3/4	4.500	18.37	18.00	45.00
1/2	6.300	25.70	26.00	71.00
3/8	2.800	11.44	11.00	82.00
4	3.800	15.50	16.00	98.00
Charola	0.400	1.63	2.00	100.00
Sumas	24.500	100.00	100.00	

El módulo de finura se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulativos en las mallas 4,3/8,3/4,1 1/2,3 y 6 pulgadas, cuando se tengan piedras de éste tamaño, a la suma obtenida se le suma 500 que corresponde al 100%, que se retendría en las mallas de las arenas y a la suma total se divide entre 100.

$$\text{Módulo de finura} = \frac{228 + 500}{100} = 7.28$$

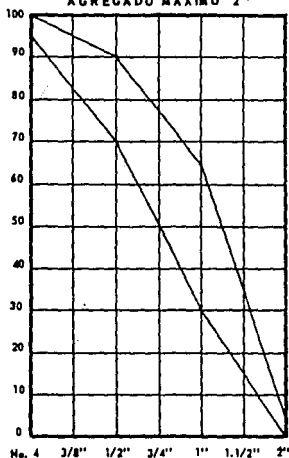
Con los porcentajes obtenidos de la tabla se traza la gráfica correspondiente al agregado grueso ensayado. Ver la siguiente serie de gráficas.

Para determinar si una grava es gruesa o fina, basta observar si su curva granulométrica se encuentra apegada a la curva límite superior (curva A) o a la curva inferior (curva B) respectivamente. Esto se puede observar en las gráficas que siguen.

# LIMITES EN LA GRANULOMETRIA DE LA GRAVA

## A . S . T . M

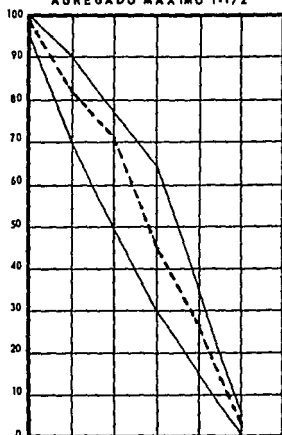
AGREGADO MAXIMO 2"



No. 4 3/8" 1/2" 3/4" 1" 1.1/2" 2"

==== Curvas Límites

AGREGADO MAXIMO 1.1/2"



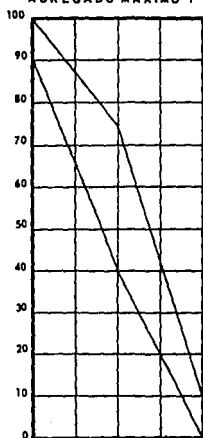
No. 4 3/8" 1/2" 3/4" 1" 1.1/2" 2"

----- Curva Granulométrica

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

MALLA	PARA 1.1/2"	
	% AGREG. MAX.	RET. MIN.
2" 1/2	—	—
2"	—	0
1" 1/2	5	0
1"	—	—
3/4"	65	30
1/2"	90	70
3/4"	—	—
No. 4	100	95

AGREGADO MAXIMO 1"

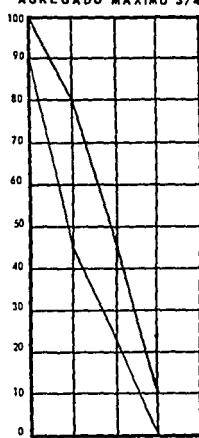


No. 4 3/8" 1/2" 3/4" 1"

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

MALLA	PARA 3/4"	
	% AGREG. MAX.	RET. MIN.
2" 1/2	—	—
2"	—	—
1" 1/2	—	—
1"	—	0
3/4"	10	0
1/2"	—	—
3/8"	80	45
No. 4	100	90

AGREGADO MAXIMO 3/4"



No. 4 3/8" 1/2" 3/4" 1"

## MASA ESPECIFICA Y ABSORCION

### AGREGADO GRUESO

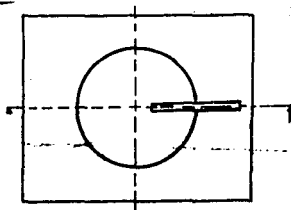
Masa específica ( Método del picnómetro de sifón ).

La masa específica saturada y superficialmente seca, es la relación de masa a volumen, considerando la masa de las partículas saturadas de agua y superficialmente secas y el volumen sólido de las partículas, que incluye los volúmenes de los poros que se encuentran dentro de las mismas. Se le denomina "Messs".

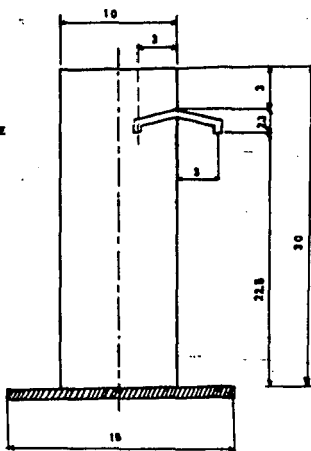
Masa específica seca, es la relación de masa a volumen considerando la masa de las partículas secas y el volumen sólido de ellas que incluye los volúmenes de los poros dentro de las mismas. Se le denomina "Mes".

PROCEDIMIENTO.- El tamaño mínimo de la muestra de prueba se da a continuación.

<u>Tamaño máximo nominal</u> <u>( mm )</u>	<u>Masa mínima de la muestra</u> <u>de prueba ( kg )</u>
13	2
20	3
25	4
40	5
50	8
64	12
76	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125



SOLDADURA  
SIFÓN DE TUBO DE COBRE  
O LATCH D'8-83



PICNOMETRO DE SIFÓN

acotaciones en cm.

figura 11.1

Se toma una muestra de material, previamente efectuados los cuarteos sucesivos. Posteriormente se sumerge en agua aproximadamente  $24 \pm 4$  horas con el propósito de saturarlo y se seca superficialmente con una franela o papel absorbente. En seguida se pesa la muestra y se registra ésta medida como la masa saturada superficialmente seca ( $M_{ss}$ ).

El picnómetro de sifón (Fig. II.1) debe llenarse con agua y dejar que si fonee hasta que ya no salga agua. Se tapa la salida del sifón y se va introduciendo la muestra evitando que arrastre burbujas de aire. Ya que la superficie libre del agua quede tranquila, se destapa el sifón y se recibe el agua derramada en una probeta graduada, midiendo con ello el volumen  $V_a$ . La masa específica saturada y superficialmente seca se calcula por medio de la siguiente fórmula.

$$M_{ess} = \frac{M_{ss}}{V_a}$$

En donde:

$M_{ess}$  = Es la masa específica saturada y superficialmente seca en  $\text{kg}/\text{dm}^3$ .

$M_{ss}$  = Es la masa saturada superficialmente seca, en kg.

$V_a$  = Es el volumen de la muestra en  $\text{dm}^3$  o la masa del agua desalojada que corresponde al volumen a razón de  $\text{dm}^3$  por kg.

### Absorción

Para la determinación de la absorción, la muestra de material se somete a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ; se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su masa ( $M_s$ ). Con el dato anterior y la  $M_{ss}$ , es posible calcular la absorción empleando la fórmula que sigue:

$$A = \frac{M_{ssss} - M_s}{M_s} \times 100$$

Donde:

A = Absorción, expresada en por ciento de la masa seca, hasta decí-  
mos.

M<sub>s</sub> = La masa seca en kg.

M<sub>ssss</sub> = La masa saturada y superficialmente seca que se obtuvo al de-  
terminar la M<sub>ssss</sub> en kg.

#### Masa específica seca

La masa específica seca se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{es} = \frac{M_{ssss}}{100 + A} \times 100$$

Los términos de esta fórmula son conocidos.



## MASA ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

### AGREGADO FINO

#### Masa específica.

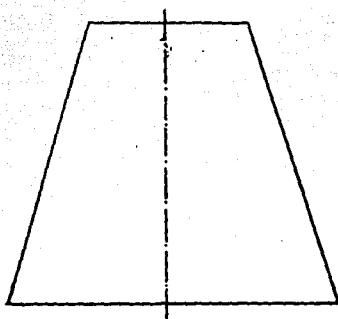
La masa específica saturada y superficialmente seca, es la relación de masa a volumen, tomando en consideración la masa de las partículas saturadas de agua, superficialmente secas y el volumen sólido de las partículas incluyendo los volúmenes de los poros dentro de las mismas. Se le denomina MESSs.

Masa específica seca, es la relación de masa a volumen considerando la masa de las partículas secas y el volumen sólido de las partículas que incluye los volúmenes de los poros dentro de las mismas. En lo sucesivo de este estudio se le denomina MES.

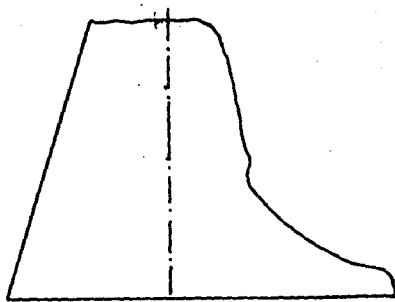
#### Procedimiento.

La cantidad de material para el estudio, se deberá sumergir en agua por un período de 24 horas, antes de iniciar con la prueba.

En seguida se extiende la muestra en una superficie lisa no absorbente, para asegurar una evaporación uniforme de la humedad superficial. Esta operación debe continuar hasta que se acerque a la condición de saturado y superficialmente seco, que se puede apreciar por el flujo libre del agregado. Posteriormente el molde tronco cónico (Fig. II. 2-a), se fija fuertemente con una mano, con la boca mayor apoyada sobre una superficie no absorbente y se llena con una parte de la muestra hasta copetear, se enrasa y se compacta con el pisón metálico cilíndrico con un diámetro de  $25 \pm 3$  mm y una masa de  $340 \pm 15$  g. La compactación se realiza suavemente 25 veces sin altura de caída, sobre la superficie enrasada de la muestra, volviendo a enrasar si fuera necesario.



a) Molde con muestra



b) Muestra después de remover el molde

Figura 11-2

A continuación se levanta el molde verticalmente; si el material conserva la forma del molde, es que el agregado todavía tiene humedad superficial. Se continúa revolviendo la muestra y evaporando; se repite el procedimiento hasta lograr la condición de saturado y superficialmente seco, que se aprecia cuando al retirar el molde el material de la muestra se disgrega un poco perdiendo parcialmente la forma (Fig. II. 2-b).

Se determina la masa de un volumen de muestra, entre uno o dos tercios del picnómetro, registrando éste valor "D". La masa del picnómetro lleno con agua hasta su nivel de aforo, se determina y se registra "C".

La masa a muestrear se introduce en el picnómetro y se agrega agua hasta que cubra la muestra en exceso. El picnómetro bien tapado, se gira, agita e invierte para eliminar todas las burbujas de aire. Si es necesario se ajusta la temperatura sumergiéndolo en agua, hasta alcanzar la temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; a continuación se llena con agua hasta el nivel de aforo, se seca superficialmente y se determina su masa "E".

Un picnómetro se logra con un frasco de vidrio transparente, dotado con un tapón cónico con una abertura circular de 1 cm de diámetro. Se debe garantizar un cierre hermético, entre el tapón y el frasco (Fig. II.3).

La masa específica saturada y superficialmente seca, se calcula con la fórmula siguiente:

$$ME_{\text{Ess}} = \frac{D}{C + D - E}$$

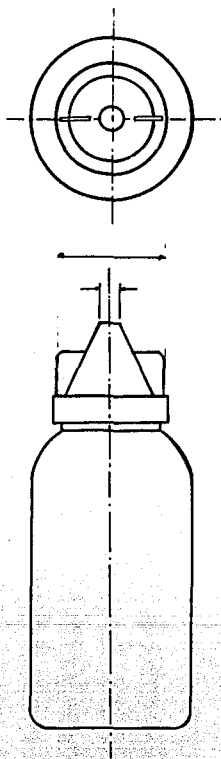
En la que:

$ME_{\text{Ess}}$  = Es la masa específica saturada y superficialmente seca en  $\text{g/cm}^3$ .

"C" = Masa del picnómetro lleno de agua, en g.

"D" = Masa de la muestra usada, en g.

"E" = Masa del picnómetro con la muestra y lleno de agua, en g.



PICNÓMETRO

figura 11.3

## Absorción

Para la obtención de la absorción, se toma una muestra no menor de 200 grs. preparada en forma similar al estudio anterior, se determina su masa "F" y se seca a una temperatura de 100 a 110°C, se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su masa "G".

La absorción se calcula con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{F - G}{G} \times 100$$

De donde:

"A" = Por ciento de absorción en base a la masa del agregado seco.

"F" = Masa de la muestra saturada superficialmente seca, en g.

"G" = Masa de la muestra seca, en g.

## Masa específica seca

Se calcula con la fórmula siguiente:

$$MEs = \frac{MEss}{1 + \frac{A}{100}}$$

De donde:

MEs = Masa específica seca, en g/cm<sup>3</sup>.

MEss = Masa específica saturada superficialmente seca, en g/cm<sup>3</sup>.

A = Por ciento de absorción.

El valor de la absorción se expresa en por ciento redondeándose a enteros.

Cuando el tiempo de inmersión en agua sea distinto de 24 horas debe indicarse este tiempo. Los valores de "ME" deben darse hasta 0,01 de g.

PARTICULAS MAS FINAS QUE LA CRIBA F 0.075 POR MEDIO  
DE LAVADO

La muestra se reduce a un tamaño adecuado para la prueba, según la norma mexicana C - 170. El agregado se humedece antes de la reducción para disminuir la segregación y pérdida del polvo. La masa del espécimen de prueba, después del secado debe ser aproximadamente igual a lo siguiente:

Tamaño máximo nominal	Masa máxima en g (1)
M 2.36	100
G 4.75	500
G 9.5	2000
G 19.0	2500
G 38.0	5000

(1) No se permite hacer la reducción a una masa exacta predeterminada.

En seguida la masa del espécimen se seca a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y se determina su masa con una aproximación de 0.1%.

Una vez seca y determinada su masa, el espécimen se coloca dentro de un vaso de tamaño suficiente para contener la muestra y se agrega agua hasta que el material quede totalmente cubierto. Se agita vigorosamente el vaso de tal manera que se obtenga una completa suspensión de las partes más finas que la malla de la criba F 0.075 e inmediatamente verter el agua de lavado que contiene los sólidos suspendidos y disueltos, sobre las cribas armadas con la criba más gruesa en la parte superior y la criba más fina en la parte inferior, M 1.18 y F 0.075 respectivamente.

Agregar una segunda carga de agua al espécimen que quedó en el recipiente, agitar y decantar como antes. La operación se repite hasta que el agua de lavado que pasa por las cribas se vea limpia.

Si es necesario, incorporar todo el material retenido en las cribas a

la muestra lavada con la aplicación de un chorro de agua sobre las cribas.

A continuación se seca la muestra lavada hasta masa constante, a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y se determina su masa con una aproximación del 0.1% de la misma.

La cantidad de material que pasa la criba F 0.075 por lavado, hasta décimos de por ciento, se calcula con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

En la que:

A = Porcentaje del material más fino que la criba F 0.075 determinado por lavado.

B = Masa original de la muestra seca, en g.

C = Masa de la muestra seca después de lavada, en g.

### Peso volumétrico

El siguiente método sirve para determinar los pesos volumétricos del agregado fino y del agregado grueso o grava.

En la prueba se utilizarán recipientes cilíndricos fáciles de manejar e indeformables, los cuales deberán cumplir los requisitos dados en el siguiente cuadro.

Dimensiones de los recipientes

Capacidad Litros	Diámetro Interior m m	Altura Interior m m	Espesor del Metal Mínima		Tamaño Máximo Nominal del agregado m m
			Fondo	Pared	
3	155 <sup>+</sup> 2	160 <sup>+</sup> 2	5.0	2.5	13
10	205 <sup>+</sup> 2	305 <sup>+</sup> 2	5.0	2.5	25
15	255 <sup>+</sup> 2	295 <sup>+</sup> 2	5.0	3.0	40
30	355 <sup>+</sup> 2	305 <sup>+</sup> 2	5.0	3.0	100

Compactación con varilla.— Este procedimiento es aplicable a agregados pétreos con tamaño máximo de 40 mm o menor. Se efectúa con una varilla de acero de forma recta con diámetro de 15.9 mm, punta en forma de bala y con un largo de 60 cm.

Con el material por ensayar, se llena el recipiente hasta la tercera parte de su altura y se compacta con la varilla dando 25 golpes. A continuación se llena el recipiente hasta las dos terceras partes y se repite el compactado, teniendo cuidado que la punta de la varilla no pase a la primera capa. Finalmente se llena totalmente el recipiente y se compacta de igual forma, sin que la varilla penetre a la capa anterior, se enrasa el recipiente y se pesa.



Al peso obtenido se le resta el peso del recipiente vacío y éste se divide entre el volumen del recipiente, dando como resultado el peso volumétrico del material.

Compactación por impactos.- Este procedimiento se aplica a los agregados pétreos de tamaños comprendidos entre 40 y 100 mm. El recipiente se debe llenar en tres capas iguales y cada una de éstas se compacta colocando el recipiente sobre el piso y dejándolo caer alternativamente a una altura de 5cm.

Cada una de las capas se compacta dejando caer el recipiente 50 veces. Al terminar el compactado total, se enrasa el molde y se procede al pesado. Al peso obtenido se le resta el peso del recipiente vacío el cual al dividirse entre el volumen total del recipiente nos da el peso volumétrico del material.

#### Impurezas orgánicas en el agregado fino

Esta prueba tiene por finalidad determinar aproximadamente, la presencia de sustancias orgánicas en el agregado fino. Estas son producidas por desechos de micro-organismos, fracciones pequeñísimas de hojas, etc.

Equipo.- El equipo consiste en unas botellas transparentes, incoloras, de vidrio o de plástico, graduadas cada  $10\text{ cm}^3$ , con una capacidad de 200 ml.

Procedimiento.- Se introduce la arena seca en la botella de vidrio hasta la marca de 130 ml. A la solución se le agrega un 3% de hidróxido de sodio y se agita vigorosamente. Después se debe verificar que la cantidad total, arena e hidróxido de sodio, completen 200 ml.

Se tapa la botella y se deja reposar 24 horas. En seguida se determina la coloración como sigue:

Para determinar con mayor precisión la coloración del líquido de la

muestra de prueba, se compara con la tabla de colores patrón o con el juego de vidrios con coloraciones patrón y señalando en cuál de ellas coincide o entre cuáles está.

#### Contenido total de humedad por secado (arena y grava)

El contenido total de humedad es la cantidad de agua que contienen los agregados cuando se les determina su masa, para efectuar una revoltura.

A la muestra por estudiar se le seca en un recipiente por medio de una fuente de calor a  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y moviendo constantemente la muestra.

Se considera que la muestra está totalmente seca cuando un calentamiento adicional origine una pérdida de masa menor de 1 al millar. Después se deja enfriar hasta la temperatura ambiente y se calcula su masa con la misma aproximación.

A la masa de la muestra húmeda se le resta la masa de la muestra seca y éste resultado se divide entre la masa de la muestra seca, y finalmente lo anterior se expresa en porcentaje.

#### Masa de la muestra del agregado

Tamaño nominal m m	Criba	Masa de la muestra ( kg )
150		30
102	100	25
90	90	16
75	75	13
63	63	10
50	50	8
38	38.1	6
25	25.0	4
19	19.0	3
12.5	12.5	2

9.5	9.5	1.5
Agregado fino	4.75	0.5

### CONCRETO ESTRUCTURAL

El subsuelo como el de la ciudad de México, exige: diseño, especificaciones, materiales, ejecución, controles y evaluación debidamente normados para resistir los esfuerzos a que son sometidos los elementos estructurales provocados por los sismos. La deformación de un material de construcción bajo éstas condiciones, deben ser conocidas para ser estimadas y controladas adecuadamente.

Al material pétreo se le verifica sus características y se selecciona en cuanto a la densidad, granulometría, resistencia a la compresión, al desgaste en la máquina de los ángeles y a la abrasión, logrando con ésto un concreto con menores contracciones por secado y un módulo de elasticidad mayor y por lo tanto menores deformaciones a largo plazo.

#### Características y datos técnicos.

Las características más importantes, que han sido determinadas de éste concreto, son las siguientes:

Contracción por secado	$t < 900 \times 10^{-6}$
Módulo de elasticidad estático	$E_c > 14000 f'_c$
Relación de Poisson	$\mu_c = 0.20$
Coficiente de deformación diferida última	$C_t < 2.4$
Resistencia a la compresión	$f'_c \geq 250 \text{ kg/cm}^2$
peso volumétrico mínimo	$2200 \text{ kg/cm}^2$
Grado de calidad	" B "

PRUEBAS A QUE SE SOMETEN LOS MATERIALES USADOS PARA LA  
ELABORACION DEL CONCRETO ESTRUCTURAL

Además de los estudios que se efectúan para la fabricación del concreto de calidad A, la elaboración del concreto estructural requiere de las siguientes pruebas:

Valor equivalente de arena

El propósito de ésta prueba es el de indicar bajo condiciones estandarizadas, las proporciones relativas de material arcilloso o finos plásticos y polvos en suelos granulares y agregados finos que pasan la malla No. 4.

APARATOS

Probetas de plástico transparentes graduadas, tapón de goma, tubo irrigador y ensamble de sifón.

Recipiente metálico de 57 mm de diámetro con capacidad para  $8.5 \pm 5$  ml.  
Malla No. 4.

Embudo de boca ancha

Botellas de 3.78 lt.

Charola plana para remezclado

Reloj, con lectura en minutos y segundos

Agitador capaz de producir movimiento oscilatorio a una velocidad de 100 ciclos en  $45 \pm 5$  seg.

Procedimiento.

1.- Obtener por lo menos 1,500 gr. de material que pase la malla No. 4, y separe suficiente cantidad para llenar cuatro recipientes. Si es necesario, humedezca el material para evitar la pérdida de finos durante las operaciones.

2.- Usando el recipiente de medición, obtenga cuatro medidas de la muestra. Cada vez que se obtenga una medida llena de la muestra, se golpea ligeramente la base del recipiente sobre la mesa de trabajo, por lo menos cuatro veces y empújelo ligeramente para producir una medida de material consolidado hasta el borde o ligeramente arriba del borde del recipiente. Determine la cantidad del material contenido en estas cuatro medidas ya sea por peso o por volumen, en una probeta de plástico seca.

3.- Regrese este material a la muestra y proceda a separarlo o cuartearlo, haciendo los ajustes necesarios para obtener el peso o volumen predeterminado.

4.- Seque cada espécimen de prueba a peso constante a  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y enfríe a temperatura del cuarto antes de probar.

5.- Colocar el sifón a la botella (3.8 litros) de solución de trabajo de cloruro de calcio. Coloque la botella en una repisa a  $914 \pm 25$  mm por encima de la superficie de trabajo. Después vacíe la solución, compuesta por agua destilada y cloruro de calcio, dentro de las probetas que contienen la muestra de estudio (ésta se coloca con la ayuda del embudo). Las probetas se golpean para humedecer el espécimen de cada una. El espécimen se humedece aproximadamente  $10 \pm 1$  min.

El equivalente de arena se calcula de la siguiente manera:

$$E A = (\text{Lectura de arena} / \text{Lectura de arcilla}) \times 100$$

## CONTRACCION LINEAL

La contracción lineal de la arena es la reducción del volumen de la muestra, medida en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original.

### EQUIPO

- Copa de Casagrande
- Una cápsula de porcelana de doce (12) centímetros de diámetro
- Una espátula de hoja de acero flexible de doce (12) centímetros
- Moldes de lámina galvanizada No. 16, de dos por dos por diez (2X2X10) centímetros de dimensiones interiores.
- Grasa graficada
- Un calibrador con vernier
- Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 y 110°C.

### PROCEDIMIENTO

Se obtiene una cantidad mínima de 300 gramos de material. A la mitad de ésta cantidad se agregará agua y se dejará en un recipiente durante 24 horas, después de las cuales se podrá iniciar la prueba.

Es necesario que antes de empezar con el estudio, el material se encuentre en la humedad del límite líquido, el cual se describe en seguida:

Para determinar el límite líquido se tomará una muestra de 150 gr, aproximadamente, de material y se colocará en una cápsula de porcelana para hacer homogéneo a éste manipulándolo con una espátula, sin aplicar una presión excesiva. Efectuado lo anterior, se colocará en la copa de Casagrande en forma extendida, de manera que se tenga en el centro un espesor de un (1) centímetro.

El material deberá ser extendido del centro hacia los extremos y, una vez nivelado con la espátula, se procederá a dividirlo en mitades utili-

zando el ranurador. Si la ranuración se dificulta con el ranurador, ésta se realiza con la espátula y después se comprueba con el primero.

Accionando la manivela, del aparato de casagrande, se hará caer la copa desde una altura de 1 cm, a razón de 2 golpes por segundo, hasta lograr una liga íntima de los bordes inferiores de la ranura, en una longitud de 13 mm. Si el número de golpes es superior a 25, la humedad de la muestra es inferior al límite líquido, debiendo entonces retirarse el material de la copa, para posteriormente agregar una pequeña cantidad de agua. Si la humedad de la muestra ensayada resulta superior al límite líquido, es decir, si el número de golpes para cerrar la ranura es inferior a 25 golpes entonces deberá dejarse evaporar el agua removiendo el material con la espátula. La prueba se repetirá el número de veces necesario hasta lograr que con 25 golpes se cierre la ranura en la forma especificada. A continuación se procede al llenado de los moldes de lámina galvanizada (se usan dos moldes para obtener el promedio), que deberán ser engrasados previamente para evitar que se adhiera material a las paredes. El llenado de los moldes se efectuará en tres capas y golpeando en cada una de ellas el molde contra una superficie dura. Para ésta operación, el molde se toma de sus dos extremos y se golpea, procurando siempre que el impacto lo reciba en toda su base. Esta operación tiene como finalidad expulsar el aire del interior. Al final, se enrasa el material en el molde utilizando la espátula, y por último, se pondrá a secar en el horno por un período de 18 horas, aproximadamente. Concluido lo anterior, con el calibrador, se medirá la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde. La contracción lineal se calcula con la siguiente fórmula:

$$C.L = \frac{(L_1 - L_2) \times 100}{L_1}$$

En la cual:

C.L = Por ciento de contracción lineal con respecto a la longitud ori-

ginal de la barra de suelo húmedo.

$L_1$  = Longitud del suelo húmedo.

$L_2$  = Longitud del suelo seco.

#### MODULO DE ELASTICIDAD ESTADISTO Y RELACION DE POISSON

Para la determinación del módulo de elasticidad, debe usarse un dispositivo para medir el promedio de deformación en dos líneas de medición diametralmente opuestas, paralelas al eje longitudinal del cilindro y centradas con respecto a la altura media del espécimen. Los especímenes deben elaborarse y curarse de acuerdo a las normas mexicanas C -159 y C -160. Deben ser mantenidos húmedos los cilindros por medio de una tela mojada durante el intervalo remoción. Si existe la necesidad de obtener especímenes con broca de diamante (corazones), la extracción y curado de éstos debe realizarse de acuerdo a la NOM - C - 169.

El deformímetro de la fig. II.4, nos sirve para determinar el módulo de elasticidad del concreto. Consiste de dos anillos, los cuales se fijan rigidamente al espécimen, con éste dispositivo la deformación de las dos líneas se lee independientemente mediante dos indicadores de carátula (micrómetros) diametralmente opuestos.

Si se desea determinar la relación de poissón, debe determinarse además de la deformación longitudinal, la deformación transversal con un extensómetro-deformímetro como se muestra en la fig. II.5. Este aparato debe contener un tercer anillo (dos segmentos iguales) localizado entre los dos anillos del compresómetro y sujetado al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos. En medio de éstos puntos de sujeción debe existir un pivote corto adyacente a la varilla del pivote largo. El anillo central debe estar unido al punto pivote para permitir el giro de los segmentos del a-



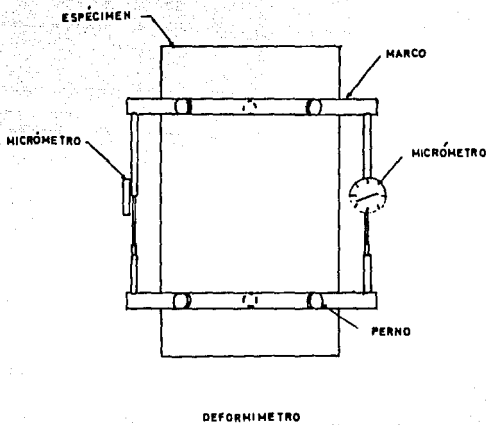
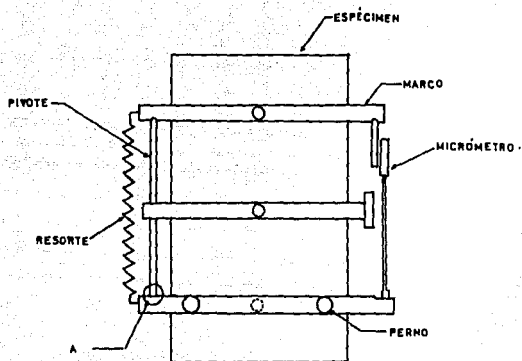
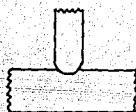


Figura 11.4



EXTENSONETRO-DEFORMIMETRO



DETALLE A

figura 11.5

nillo en el plano horizontal. En los puntos opuestos del pivote o articulación deben ser conectados los dos segmentos a través de un medidor de carátula, capaz de medir la deformación transversal con exactitud de 0.002 mm., de tal manera que ésta deformación, será el doble cuando las distancias del eje de los apoyos del cilindro al centro de la articulación y al centro del medidor sean iguales. En caso contrario se debe emplear la fórmula siguiente:

$$h = Ld_1 / (d_1 + d_2)$$

En donde:

h = Deformación diametral del espécimen.

L = Lectura en el medidor.

$d_1$  = Distancia entre la articulación y el eje que pasa por los apoyos.

$d_2$  = Distancia entre el medidor y el eje que pasa por los apoyos.

#### PROCEDIMIENTO.

Mantener la temperatura ambiente y humedad tan constantes como sea posible durante la prueba, si existen variaciones reportarlas en el informe de resultados. Se deben disponer de especímenes procedentes de la misma muestra, para determinar a la prueba del módulo de elasticidad, la resistencia a la compresión en éstos.

Colocar el espécimen con el equipo de medición en la platina inferior ó soporte de la máquina de compresión. Bajar la platina superior, alinear el espécimen con el centro de la rótula y anotar las lecturas iniciales en los deformímetros.

Deben aplicarse 2 ó 3 ciclos de precarga y descarga, no mayores del 20% de la carga máxima esperada, con la finalidad de verificar y corregir el funcionamiento de los equipos de medición. Al finalizar la primera precarga, deben ajustarse los deformímetros, en seguida aplicar la segunda pre-

carga y anotar los valores de carga y deformación, si éstos son similares a los obtenidos en la primera precarga, puede iniciarse la prueba, en caso contrario, es necesario hacer correcciones.

Para determinar el módulo de elasticidad se procede de la siguiente manera:

Aplicar la carga en forma uniforme y sin impactos. Tomar lecturas de deformación y carga en tal cantidad que se pueda definir mediante interpolación o gráficamente el esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria de 50 millonésimas ( $S_1$ ) así como la deformación unitaria correspondiente al 40% del esfuerzo máximo ( $S_2$ ). Para la obtención de la curva esfuerzo-deformación es conveniente efectuar una mayor cantidad de lecturas. No se debe interrumpir la carga en la toma de cada lectura.

El módulo de elasticidad se calcula como sigue:

$$E_c = (S_2 - S_1) / (E_2 - 0.000050)$$

En donde:

$E_c$  = Módulo de elasticidad secante.

$S_2$  = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga máxima.

$S_1$  = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 0.000050.

$E_2$  = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$ .

La relación de poisson se calcula como sigue:

$$\mu = (Et_2 - Et_1) / (E_2 - 0.000050)$$

En donde:

$\mu$  = Relación de poisson

$Et_2$  = Deformación transversal en la altura media del espécimen, producida por el esfuerzo  $S_2$ .

$Et_1$  = Deformación transversal en la altura media del espécimen, producida por el esfuerzo  $S_1$ .

$E_2$  = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$ .

#### Cuando se usa el concreto estructural.

Cuando es de primordial importancia controlar las deformaciones a corto plazo, o sea, un mejor comportamiento ante las sollicitaciones de esfuerzos horizontales como son los sismos y del viento, con la finalidad de que no se vea afectado su funcionamiento, escuelas, hospitales, centrales de comunicación, templos, salas de espectáculos, etc.

Cuando se requirieren requisitos especiales de contracción o deformaciones a largo plazo. Las especificaciones en éstos casos, se expresan por medio de: contracciones por secado, mínimas; coeficiente de deformación di ferida, bajo y módulo de elasticidad estático, alto.

También se puede usar en obras que no teniendo estos requisitos, se de see un concreto de alta confiabilidad.

#### Forma de usarlo

El concreto estructural no requiere de equipo o instalaciones especiales para su fabricación, transporte y entrega.

Para su transportación a la obra, colocación, consolidación y curado se usan los mismos equipos y procedimientos que se emplean en la actualidad con otros concretos. Para lograr los óptimos resultados, se deben seguir las prácticas recomendadas por las publicaciones del IMCYC.

Para efectuar un pedido de concreto estructural se debe proporcionar la siguiente información.

- 1.- Nombre del contratista, ubicación de la obra, fecha de colado, inicio, intervalo de entrega, cantidad solicitada y tipo de concreto.
- 2.- Grado de calidad, resistencia a compresión y tipo de mezcla.
- 3.- Tamaño máximo de agregado, revenimiento.

Para concreto estructural bombeable el revenimiento nominal es de 12 cm. Para revenimientos mayores se usará aditivos.

#### "Cemento"

El cemento portland es el conglomerado resultante de la pulverización del clinker frío, a un grado de finura determinado, al cual se le adicionan sulfato de calcio natural. El clinker es una combinación de silicatos de cal, obtenidos por la pulverización preliminar y mezcla posterior de las cantidades de cal sílice óxido de hierro y alumina.

Se considera que el cemento portland pertenece a la era moderna ya que su aparición y desenvolvimiento ha sucedido en los últimos 125 años.

En el año de 1885 fue cuando se patentó un horno horizontal ligeramente inclinado que podía ser puesto en rotación, esto hizo posible la producción continua. Posteriormente en 1902, en Estados Unidos se patentó un horno rotatorio de unos 46 m de largo, que fue el primero de esa clase, en la industria.

En las fábricas de cemento, por las trituradoras pasan enormes cantidades de materias primas calcáreas y arcillosas, las cuales por una primera trituración son reducidas a un tamaño aproximado de 15 cm, que después las trituradoras o molinos de martillo secundarios, las reducen a 5 cm o menos; posteriormente se proporciona la materia prima para obtener la combinación química adecuada, que después se pulveriza por los martillos de bolas. Esta operación puede efectuarse con adición de agua al material para formar una lechada (se le conoce como procedimiento húmedo) o bien, se puede hacer la mezcla o pulverización en seco (procedimiento seco).

La mezcla que resulta, ya sea húmeda o seca, pasa por el cilindro rotatorio que aumenta su temperatura a medida que el material se desliza por el horno inclinado, hasta llegar a unos  $1480^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. El resultado

del proceso anterior se le conoce con el nombre de clinker.

Durante la operación de molienda final, se agrega yeso con la finalidad de regular el tiempo de fraguado y se muele la mezcla hasta convertirla en polvo tan fino que más del 80% puede pasar a través de un tamiz de 6000 orificios por centímetro cuadrado. A este polvo se le llama cemento portland.

#### Tipos de cemento portland

**Tipo I.- Normal.-** Generalmente disponible y usado en la mayoría de los trabajos que no requieren alguna característica especial. Algunos de sus usos son, en pavimentos y aceras, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques y depósitos, alcantarillas, etc.

**Tipo II.- Modificado.-** Con destino a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de sulfatos. Genera menos calor de hidratación y el desarrollo de resistencia es más lento que en el cemento tipo I. Se utiliza en estructuras de gran masa.

**Tipo III.- Resistencia rápida.-** Desarrolla más rápidamente su resistencia, pero genera mayor calor de hidratación. Se utiliza cuando hay necesidad de retirar las cimbras lo más pronto posible, o cuando existe la urgencia de poner en servicio una determinada obra.

**Tipo IV.- De bajo calor.-** Cuando se requiera un bajo calor de hidratación. Se utiliza en grandes masas de concreto, como las grandes presas de gravedad, etc.

**Tipo V.- Alta resistencia a los sulfatos.-** Características que se logran a base de contenidos muy bajos de aluminato tricálcico. Se usa cuando los suelos o el agua subterránea tenga alto contenido de sulfatos.

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

- 1.- Resistencia
- 2.- Velocidad de endurecimiento
- 3.- Estabilidad dimensional
- 4.- Durabilidad
- 5.- Permeabilidad
- 6.- Resistencia al ataque químico
- 7.- Desprendimiento de calor
- 8.- Apariencia
- 9.- Economía

Es imprescindible realizar con el cemento, pruebas de laboratorio con el objeto de asegurar la calidad de éste. Los estudios que se lleven a cabo son los siguientes:

- 1.- Densidad
- 2.- Consistencia normal
- 3.- Tiempo de fraguado
- 4.- Fraguado falso
- 5.- Tensión
- 6.- Compresión
- 7.- Finura

Densidad.- Tiene como finalidad dar ideas para proyectar las mezclas de concreto.

Consistencia normal.- Tiene como objeto determinar la cantidad de agua necesaria para lograr mayor fluidez.

Tiempo de fraguado.- Todos son relativos y se hacen como comparación.

Fraguado falso.- Es indicador de las características que se oponen al buen funcionamiento.

Tensión y compresión.- Indica el tipo de cemento a emplear.

Finura.- Prueba del material que pasa por la malla No. 200.



En el presente trabajo no se tratarán las pruebas de ensaye del cemento, debido a que éstas no se realizan en las plantas de concreto premezclado. Los fabricantes de cemento envían sus resultados a las plantas, de ésta manera los productores de concreto premezclado se ven protegidos en el caso de malos resultados a causa de un cemento de mala calidad. Sin embargo, en los laboratorios de las compañías premezcladoras se efectúan algunas de ellas, como son: módulo de finura, resistencia a compresión, densidad y fluidez. Es necesario mencionar que la mayoría de las plantas productoras de concreto premezclado, cuentan con sus propias fábricas de cemento, de ésta manera el control de calidad del cemento en las plantas de concreto se reduce.

#### "Aqua"

El agua para fabricar concreto, debe ser por especificación, limpia; generalmente no son frecuentes los casos en que el agua disponible para uso en la fabricación del concreto, sea inadecuada. Si existen dudas de la calidad del agua; es necesario ordenar un estudio de un laboratorio capacitado.

#### Clasificación de los diferentes tipos de agua que las plantas productoras de concreto premezclado utilizan para elaborar su producto.

Aguas puras.- Es producida por el agua de lluvia, deshielo de glaciares, granizo o nieve.

Son agresivas por tener una acción disolvente e hidrolizante sobre los compuestos cálcicos del concreto.

Aguas ácidas naturales.- La presencia de gas carbónico y ácidos disuelven los compuestos del cemento y de los agregados de caliza. Estas provienen de turberas o pantanos.

Aguas fuertemente salinas.- Son aquellas que contienen altos contenidos de ciertas sales. Si se utilizan para el curado de concreto afectan a los

compuestos cálcicos de éste.

**Aguas alcalinas.**- Proviene de terrenos graníticos o porfiríticos. Pueden ser nocivas para cementos diferentes al aluminoso.

**Aguas sulfatadas.**- Contienen gran cantidad de sulfatos alcalinos de litio, sodio, potasio, calcio o magnesio. Su formación obedece al ataque de formaciones dolomíticas o con yeso por las aguas puras o las ácidas.

**Aguas cloruradas.**- Se originan por la acción disolvente de las aguas puras o las ácidas al atravesar yacimientos de sal, gema o antiguos lechos marinos. En determinadas concentraciones actúan como disolventes sobre los componentes del cemento y del concreto, y su ataque es mayor en el concreto armado.

**Aguas magnesianas.**- Estas aguas se forman a partir de los terrenos dolomíticos. El gas carbónico disuelto en agua los hacen solubles por la transformación de los carbonatos en bicarbonatos. Afectan considerablemente a los cementos portland con contenido elevado de aluminato tricálcico.

**Agua de mar.**- En éstas abundan las sales disueltas, en la cual predominan el cloruro de sodio, el cloruro de magnesio, sulfato de magnesio y sulfato cálcico.

En el concreto simple el agua de mar provoca eflorescencias, en el concreto reforzado o presforzado aumenta el peligro de corrosión del acero, por lo tanto, no debe usarse para éstos propósitos.

**Aguas recicladas.**- Son aquellas que resultan por el uso del lavado de unidades revolventoras de concreto y que después son empleadas en la fabricación del concreto.

Pueden ser nocivas si contienen sulfatos, cloruros y alcalis en cantidad

des considerables. También se debe tener cuidado con el exceso de sólidos en suspensión.

**Aguas recicladas.**- Estas aguas provienen de los desechos de las industrias. Las que más perjudican al concreto son las que contienen sulfatos, sulfuros, sales amoniacales, ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fluorhídrico, acético, láctico, fórmico u otros ácidos orgánicos y alcalis cáusticos.

**Aguas negras.**- Proviene de los desechos de las poblaciones. No es recomendable el uso de ellas dada la complejidad de su composición. Solo es aconsejable su utilización cuando se hayan sometido a un tratamiento.

Un método para verificar la calidad de un agua es, probar especímenes de concreto y compararlos con los resultados de otros especímenes de concreto fabricados con agua de calidad reconocida.

CAPITULO 3  
PROCESO DE PRODUCCION EN PLANTA.

La ventaja de producir concreto fresco en planta consiste en que se fabbrica (elabora) en mejores condiciones de control de las que suelen ser posibles en la obra. Esto es, que en la elaboración de concreto fresco en planta se trabaja como en una fábrica, en la que es posible llevar un control muy cuidadoso tanto de materiales como de las operaciones requeridas para la manufactura del concreto fresco.

Una planta de concreto bien equipada y controlada constituye una excelente fuente de concreto de calidad.

Para obtener un concreto con las especificaciones establecidas de antemano es necesario ejercer un control estricto sobre aquellos factores e incertidumbres que afecten el logro del objetivo.

El concreto fresco es el resultado de la mezcla de cemento, agua, arena (agregado fino), grava (agregado grueso) y aditivos en una determinada proporción. Proporción que es determinada en base a las características del concreto a producir (resistencia, revenimiento, trabajabilidad), características de los agregados (granulometría, humedad, etc.), requisitos de colocación y consideraciones económicas.

En una planta de concreto, por lo tanto, debemos asegurarnos de un almacenamiento, manejo y dosificado adecuado de todos y cada uno de los - constituyentes del concreto.

Almacenamiento y manejo de los materiales.

Agregados (grava y arena). Los agregados constituyen entre el 60 y el 75 por ciento del total de un metro cúbico de concreto, de ahí la importancia en la selección, preparación y manejo adecuado de estos. En los agregados debemos de cuidar el que se mantenga constante la granulometría,

el contenido de agua y la limpieza, con el objeto de lograr un concreto uniforme durante el tiempo que dure la producción.

Agregado grueso (grava).

El agregado grueso lo constituye la fracción de agregado que no pasa la malla No. 4 hasta el tamaño máximo seleccionado.

Limpieza. Es importante que a la hora del arribo de los camiones que transportan el agregado se tenga preparada una superficie adecuada y suficiente para el almacenamiento del agregado. Esta área además debe contar con una superficie preparada que evite la contaminación del material con otro que no sea agregado. Se debe evitar el contacto con tierra, materia orgánica u otra sustancia que provoque la contaminación del agregado. Es conveniente proveer la posible combinación con otro tipo de agregado para lo cual debe contarse con muros separadores para cada tipo de agregado.

Granulometría. Una vez determinada la granulometría del agregado grueso, esta debe mantenerse mientras dure la producción, pues esta influye en el concreto fresco, sobre todo en sus propiedades.

Para mantener la granulometría es necesario un manejo y almacenamiento adecuado, de este modo la mantenemos casi constante.

Contenido de agua. Es importante mantener constante el contenido de agua del agregado a la hora de dosificarlo. Una de las causas frecuentes en la pérdida de control de la consistencia del concreto (reventamiento) es precisamente la variabilidad en el contenido de agua libre de los agregados. Sin embargo, en ocasiones es necesario mojar el agregado para compensar el alto grado de absorción o suministrar enfriamiento.

Almacenamiento. Un mal almacenamiento del agregado es fuente frecuente de segregación así como de alteración en la granulometría.

La segregación ocurre cuando partículas de mayor tamaño se separan de las más pequeñas y tienden a descender al fondo.

El almacenaje en montones de agregado debe mantenerse al mínimo, dado que bajo condiciones ideales los finos tienden a acumularse.

Sin embargo, cuando sea necesario el almacenaje en montones, el uso de métodos incorrectos provoca segregación así como la variación en la granulometría.

Estos montones se deben hacer en capas horizontales o ligeramente inclinadas, nunca por volteo. Sobre estos montones no debe permitirse la operación de maquinaria rodante, dado que son fuente frecuente en la alteración de la granulometría además de contaminar el material.

La segregación se puede reducir prácticamente al mínimo, mediante la separación del agregado grueso en fracciones de varios tamaños y la dosificación de estas fracciones por separado. La práctica recomienda el uso de 4 fracciones del agregado grueso.

Se puede decir que a mayor número de fracciones de tamaños y menor número de tamaños en cada fracción, la segregación disminuye aún más.

Agregado fino (Arena). Definido como aquel agregado que pasa la malla No. 4 hasta aquel que queda retenido en la malla No. 200.

Es importante controlar el agregado fino, sobre todo aquel cuya finura excede a aquel que es retenido en la malla No. 200, ya que el exceso amenta los requerimientos de agua de mezclado, contracción por secado y reducen la resistencia.

Como en el caso del agregado grueso, es conveniente un manejo y almacenaje adecuado para mantener constantes tanto la granulometría como para mantener un estricto control sobre el contenido de agua dadas las caracterís-ticas del agregado fino.

Limpieza. Se debe tener preparada una superficie dura y limpia para evitar la contaminación con otros materiales, sobre todo de origen orgánico. Cuando por razones de espacio se tengan que almacenar materiales de diferente granulometría, la separación con muros es lo aconsejable.

Granulometría. Dentro de lo posible, se debe mantener constante durante el tiempo necesario, lo cual es posible, evitando el tránsito de vehículos sobre el material, reduciendo al mínimo el movimiento del agregado así como la práctica de métodos adecuados de almacenaje. Evitar grandes montones, dada la acción del aire sobre el agregado más fino.

Contenido de agua. Dadas las características físicas del agregado fino, mayor capacidad de retención del agua, es necesario un control riguroso en las variaciones del contenido de humedad, dado que el uso de agregado con cantidades variables de agua libre es fuente frecuente de la pérdida de control de la consistencia del concreto.

La experiencia ha demostrado que un contenido de humedad libre hasta del 6 por ciento, y de vez en cuando hasta del 8 por ciento, se mantendrá estable en el agregado fino.

Almacenamiento. El almacenaje del agregado en montones debe evitarse, dado que bajo condiciones ideales los finos tienden a acumularse. El uso de métodos incorrectos de almacenamiento acentúa los problemas con los finos y también causa segregación, rompimiento del agregado y una excesiva variación en la granulometría.

Cuando sea inevitable, los montones deben construirse en capas horizontales o suavemente inclinadas, no por volteo.





**CORRECTO**

Colocar el material en la pila con gruas u otros medios en unidades que permanezcan en su lugar.



**INCORRECTO**

Cualquier método que permita al material rodar por la pendiente al ser depositados en la pila o pasar repentinamente al equipo de acarreo sobre el mismo nivel.

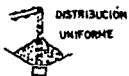


**CORRECTO**

Construir la pila radialmente en capas horizontalmente con un tractor a medida que caen del transportador.

**INCORRECTO**

Colocar el material con un tractor en capas con pendientes no menores que 31°.



**CORRECTO**

Proteger del viento la caída del material del extremo de la banda con una chimenea.



**INCORRECTO**

Permitir que el viento separe los finos del material al caer del extremo de la banda.

Pilas de almacenamiento de agregados.

Cemento. Mantener seco el cemento es una de las condiciones primeras a observar en la planta de producción de concreto, para lo cual es necesario un adecuado manejo tanto en el transporte como en el almacenamiento. Cuando el cemento es transportado a granel, en camiones tanque, las estructuras que nos dan la protección requerida contra el intemperismo y por consecuencia, evitan el contacto con la humedad y sustancias nocivas para el cemento son los silos. Los silos, que son estructuras generalmente de acero o concreto deben cumplir con ciertas condiciones:

- El interior debe ser liso, con una inclinación mínima de 50 grados respecto a la horizontal en el fondo, para silo circular y de 55 a 60 grados para silo rectangular.
- Contar con cojines de deslizamiento que no se atasquen y por los cuales se pueda introducir a intervalos, pequeñas cantidades de aire a baja presión para despegar el cemento pegado.
- Para cada tipo de cemento a utilizar, se debe tener un silo.
- Deben ser vaciados con frecuencia para impedir la formación de costras.
- Cada compartimiento del silo desde el cual se dosifica el cemento debe tener su propia entrada de tornillo sinfin, deslizador de aire, alimentador rotatorio u otra condición que permitan un exacto pesado automático del cemento.
- Cuando el cemento llegue caliente, es conveniente dejarlo enfriar dentro del silo un mínimo de 36 horas.

Cuando el cemento utilizado sea envasado en sacos, debe ser apilado sobre plataformas para permitir la apropiada ventilación.

Agua. El agua de la mezcla tiene dos funciones. Hace que el concreto sea lo suficientemente trabajable para ser colocado y compactado y, al combinarse químicamente con el cemento produce un material duro y resistente. Sin embargo, para la reacción química, únicamente se requiere de alrededor de la mitad de agua; el resto permanece o se evapora gradualmente, a medida que el concreto endurece, dejando pequeñas cavidades o vacíos.

Estos vacíos debilitan el concreto, por lo cual no debe sorprender que a mayor relación agua-cemento el concreto es más débil.

El agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, material orgánico u otras sustancias, que puedan ser nocivas al concreto, la calidad del agua debe ser establecida por un laboratorio.

En la planta de producción de concreto se debe contar con un tanque de agua de capacidad suficiente para que no falte, tanto para el agua de mezclado como para la limpieza del equipo de producción.

Aditivos. Los aditivos en presentación líquida deben almacenarse en tambores o tanques herméticos, protegidos de la congelación.

Para aditivos en polvo deben ser observados los mismos cuidados que para el almacenaje de materiales cementantes.

#### Dosificación o medición.

Etapas del proceso de producción del concreto fresco en la que se realiza la operación de pesado de todos y cada uno de los materiales que intervienen en la elaboración del concreto. Con una adecuada dosificación se pretende obtener uniformidad y homogeneidad en las propiedades físicas del concreto producido, como: peso volumétrico, revenimien

to, contenido de aire y resistencia.

Una vez que se determina el proporcionamiento de los materiales, el operador de la dosificadora (pesador) debe de cuidar el cumplimiento de este, dentro de las tolerancias permitidas para cada material, además de cuidar el buen funcionamiento de la dosificadora. Una planta dosificadora ( en general) consta de las siguientes partes:

- Area de almacenamiento de materiales (agregados)
- Mecanismo de llenado de tolvas o silos.
- Tolvas o silos para materiales.
- Alimentación a las básculas.
- Básculas de pesado de materiales.
- Depósito receptor de materiales dosificados (mezclador, camión revol-vedora u otro).

La mayoría de las organizaciones de ingeniería, tanto públicas como privadas, emiten especificaciones que contienen requisitos detallados para la operación de plantas de concreto fresco.

En México, la Norma Oficial Mexicana (NOM C-155-1984) establece las especificaciones de materiales, equipo y operación de las plantas productoras de concreto.

## Especificaciones del equipo de las plantas dosificadoras.

### Silos de almacenamiento y tolvas pesadoras. (Agregados)

Los silos de la planta dosificadora tendrán el tamaño adecuado para aumentar eficazmente la capacidad productora de la planta. Las plantas dosificadoras deben estar provistas de depósitos con compartimientos separados, adecuados para el agregado fino y para cada uno de los tamaños de agregado grueso utilizado. Cada compartimiento del depósito debe ser marcado y operado en tal forma que la descarga a la tolva pesadora sea eficiente, libre y con una segregación mínima. Se debe contar con instrumentos de control, que puedan interrumpir la descarga del material en el momento que la tolva báscula, contenga la cantidad deseada.

Cemento. Para una alta producción que requiera una dosificación rápida y exacta, se recomienda que los cementos y puzolanas a granel se pesen con equipo automático, y no semiautomático o manual.

Todas las tolvas medidoras deben estar provistas de un acceso para su inspección y estar equipadas para permitir que se tomen muestras en cualquier momento. Las tolvas medidoras deben ser equipadas con dispositivos para ventilación y vibradores para ayudar a lograr una suave y completa descarga del material.

### Báscula.

Debe tener una precisión tal que al calibrarse con carga estática la tolerancia sea de 0.4% de su capacidad total.

Las básculas para dosificar los ingredientes del concreto pueden ser de balancín o de carátula, sin resortes. Se pueden aceptar otros equipos (eléctricos, hidráulicos, celdas de carga) diferentes a las básculas de balancín o de carátulas, sin resortes, siempre y cuando cumplan con las tolerancias señaladas.

Para la verificación y calibración de las básculas se requiere de taras normalizadas. Se deben mantener limpios todos los puntos de apoyo, abrazaderas y partes de trabajo similares de las básculas.

Las básculas de balancín deben estar equipadas con un indicador suficientemente sensible para mostrar movimientos cuando una masa igual al 0.1% de la capacidad nominal de la báscula se coloque en la tolva pesadora. La separación entre dos marcas debe ser cuando menos del 5% de la capacidad neta del brazo en su primera aproximación y del 4% del brazo menor en la segunda aproximación.

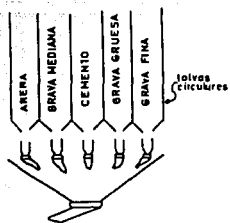
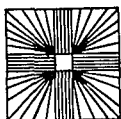
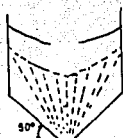
#### Medición del agua.

Los aparatos para la medición del agua añadida deben ser capaces de proporcionar a la revoltura la cantidad requerida, con la precisión establecida. Deben estar arreglados de tal forma que las mediciones no sean afectadas por variaciones de presión en la tubería de abastecimiento del agua y los tanques de medición deben estar equipados con vertederos y válvulas para su calibración, a menos que se proporcionen otros medios para determinar rápidamente y con exactitud la cantidad de agua en el tanque.

En las obras grandes y en plantas centrales de dosificación y mezclado, donde se requiera una producción alta, sólo puede conseguirse una medición de agua exacta mediante las tolvas pesadoras automáticas o medidores. El equipo y los métodos que se empleen deben ser capaces, bajo todas las condiciones de operación, de lograr una medición rutinaria exacta dentro de la tolerancia. Se pueden permitir tanques o cilindros verticales con descarga de sifón central, como una parte auxiliar del pesado, pero no deben emplearse como medio directo de medición.

## MÉTODOS CORRECTOS DE DOSIFICACIÓN

Fondo completo con inclinación de 50° con relación a la horizontal en todos los sentidos

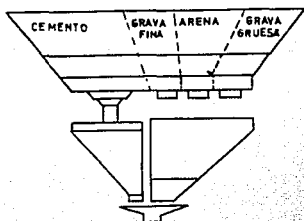


### DISPOSICIÓN DESEABLE

pesado automático de cada ingrediente en dosificadores separados que descargan en como selector directamente dentro de la mezcladora.

### DISPOSICIÓN ACEPTABLE

Pesado automático y acumulación de agregados. El cemento pesado separadamente se descarga controladamente.



### Medición de los aditivos.

El equipo de medición del aditivo debe proporcionar a la revolutura la cantidad requerida con la precisión establecida y debe contar con vólvulas y vertedores para su calibración. La dosificación y el equipo de distribución que se usa deben calibrarse fácilmente. Un requisito mínimo de comprobación cuando se emplean surtidores controlados por reloj (timer), debe ser unos tubos de inspección visual, en conjunto con la operación de dosificación.

### TOLERANCIAS.

El equipo de dosificación, de los que hay actualmente en el mercado, operará dentro de las tolerancias de peso de carta que se proporcionan en la siguiente tabla.

TOLERANCIAS

INGREDIENTES	Pesos de carga mayores que el 30 por ciento de la capacidad de la báscula		Pesos de carga menores que el 30 por ciento de la capacidad de la báscula	
	mezclada individual	mezclada acumulativa	mezclada individual	mezclada acumulada
CEMENTO Y OTROS MATERIALES CEMENTANTES	1 por ciento y 0.3 por ciento de la capacidad de la báscula, el que sea mayor		No menor que el peso requerido ni más de 4 por ciento del peso requerido	
AGUA por volumen o peso EN POR CIENTO	± 1	no recomendada	± 1	no recomendada
AGREGADOS POR CIENTO	± 2	± 1	± 2	± 0.3 por ciento de la capacidad de la báscula o ± 0.3 por ciento del peso acumulado requerido, el que sea menor
ADITIVOS por volumen o peso POR CIENTO	± 3	no recomendada	± 3	no recomendada

Otros requisitos comúnmente utilizados abarcan básculas de balancín o graduaciones de escala de 0.1% de la capacidad total e intercierres de dosificación de  $\pm 0.3\%$  de la capacidad total al cero de la balanza, la cantidad de aditivo pesado nunca ha de ser más pequeña que un 0.4% de la capacidad total de la báscula excedida en 3% del peso requerido; es también muy importante el aislamiento del equipo de dosificación respecto de la vibración de la planta.



Como criterio general de selección de una planta dosificadora adecuada es necesario considerar tres factores, a saber:

- Tamaño de la obra
- Volumen/hora requerido
- Normas de rendimiento que se requieren en la dosificación.

El equipo de dosificación disponible se clasifica en tres categorías:

- Manual
- Semiautomática
- Automática { Acumulada  
                  Individual

Dosificación manual.- Como su nombre lo indica, en este tipo de dosificadora todas las operaciones de pesado y dosificación de los ingredientes del concreto se llevan a cabo manualmente. Este tipo de planta es adecuada cuando se trata de trabajos pequeños que no requieren grandes volúmenes de concreto. Generalmente su uso es aceptable hasta los 400 m<sup>3</sup> de concreto y con una producción horaria de 15 m<sup>3</sup>/hr.

Dosificación semiautomática.- En este sistema las compuertas de las tolvas de los agregados para cargar las tolvas pesadoras se operan manualmente mediante botones o interruptores de presión. Las compuertas se cierran automáticamente cuando el peso fijado del material ha sido pesado.

El sistema es tal que impide que la carga y la descarga de la dosificadora ocurra simultáneamente, esto se logra a través de interruptores. Es de suma importancia facilitar la inspección visual de la carátula de la báscula de cada uno de los materiales a pesar.

Dosificación automática.- Controlada automáticamente por medio de un solo control de mando. No obstante que requieren de interruptores de secuencia, sobre todo cuando las tolerancias predeterminadas dentro de cualquier secuencia de pesado exceden en lo especificado.

El silo de carga-descarga no se iniciará mientras la compuerta de descarga de la tolva dosificadora esté abierta.

Dentro del equipo suplementario necesario para un correcto funcionamiento de la dosificadora podemos mencionar:

- Selectores para el volumen de la mezcla y dosificación.
- Medidores de humedad del agregado fino.
- Compensadores de humedad del agregado (controlados manualmente)
- Dispositivos gráficos o digitales para registrar el peso de cada material de la mezcla.

Dosificación automática acumulada.- Por las características de este sistema, es necesario el disponer de controles de secuencia. El pesado se interrumpe cuando las tolerancias predeterminadas son excedidas. Se llama acumulada porque son pesados juntos los agregados grueso y fino.

Dosificación automática individual.- Para este sistema, se provee de básculas y tolvas separadas para cada uno de los agregados utilizados así como para los demás materiales que entran en la mezcla. El ciclo de pesado se inicia con un interruptor sencillo y las tolvas medidoras individuales se cargan de manera simultánea.

## MEZCLADO.

La operación de mezclado corresponde a unir íntimamente el cemento, los agregados, los aditivos y el agua y a distribuirlos en forma homogénea en toda la masa.

Debe tenerse presente que el comportamiento de cada uno de los materiales es diferente. La forma de los granos, su tamaño, su grado de humedad, consistencia, peso, densidad, etc., desempeñan un papel en el momento del mezclado. Una forma redondeada del agregado le confiere una tendencia a rodar, en cambio, una forma angulosa hace que se desprenda por rozamiento. Los agregados gruesos se disocian rápidamente por su peso y por el movimiento de rotación, en cambio, el agregado fino tiende a apilonarse por adherencia.

El desprendimiento de calor durante el mezclado puede originar modificaciones en los materiales, y las reacciones químicas entre ellos pueden influir en las características del concreto.

Como idea general puede decirse que los elementos componentes del concreto se mezclan tanto mejor cuanto más agua se les agrega y mejor composición granulométrica tengan, mezclándose con mayor dificultad cuanto más seco esté y mayor cantidad de finos contenga.

El objetivo que debe perseguir un buen mezclado es:

- Distribución uniforme de todos los componentes,
- Satisfacer la calidad y revenimiento.

Una de las responsabilidades del operador de la mezcladora es que el concreto quede bien mezclado; para ello, lo primero que debe hacer es ceriorarse de que los materiales se vacíen correctamente en la mezcladora (revolvedora).

Cuando el cemento se encuentra ya en la tolva, entre el agregado grueso y fino, vacíese en la revolvedora junto con parte del agua; generalmente es mejor comenzar a vaciar el agua unos segundos antes de añadir los materiales sólidos, y agregar el resto del agua conforme se vacía el resto de los materiales.

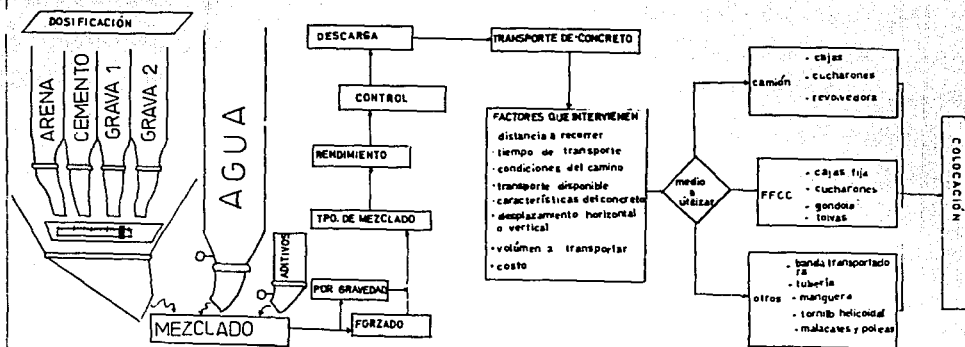
Cuando el cemento y el agregado se vacían separadamente en la revolvedora, se debe asegurar que el cemento no entre primero, hay que cargar parte del agregado grueso y parte del agua, después el cemento y finalmente el resto de agregado y del agua.

Tiempo de mezclado. El tiempo de mezclado debe basarse en la capacidad de la mezcladora para producir un concreto uniforme en cada mezcla y mantener la misma calidad en las mezclas siguientes.

El tiempo de mezclado para las revolvedoras de tambor, de hasta 1 de capacidad, debe ser de 1.5 a 2 minutos después de haber vaciado todos los materiales. Para las revolvedoras de olla, debido al tipo de mezcla de acción forzada, son suficientes 30 a 45 segundos.

Es deseable que las plantas automáticas, y también las manuales, se provean con indicadores audibles, empleados en combinación con intercherrres que impidan la descarga de la mezcladora antes de terminarse el tiempo de mezclado prefijado.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL CONCRETO PREMEZCLADO



### **Tipos de mezcladora.**

Los tipos más comunes de mezcladoras son:

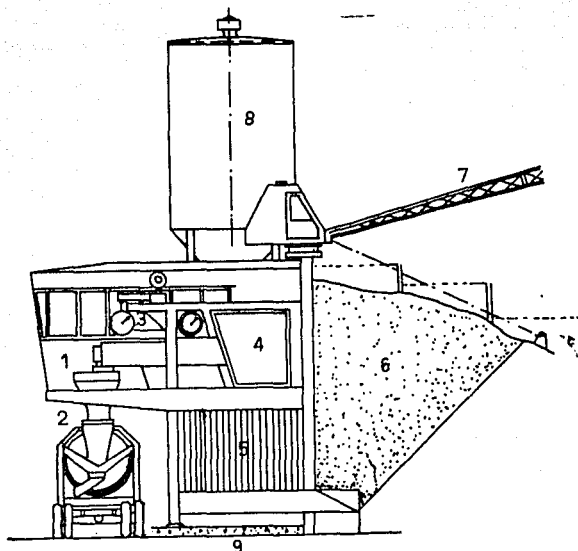
- De tambor
- De eje vertical
- De aspas en espiral

Una mezcladora de tambor, de diseño satisfactorio, tiene un arreglo de aspas en espiral y una forma de tambor para asegurar de extremo a extremo el intercambio de materiales paralelo al eje de rotación, y un movimiento envolvente que voltea y esparce la mezcla sobre sí misma al mezclarse.

En la mezcladora de eje vertical, las aspas giran sobre ejes verticales que operan en un recipiente fijo o giratorio que da vueltas en sentido opuesto. Con esta mezcladora, la mezcla puede observarse fácilmente, y, si se necesita, se puede hacer un ajuste rápido.

La mezcladora de paleta en espiral consta de un eje horizontal movido por fuerza motriz con paletas en espiral que operan dentro de un tambor horizontal.

PLANTA CENTRAL DE CONCRETO



- |   |   |
|---|---|
| 1.- Cabina de mando acristalada   | 6.- Depósito para agregados con hasta 6 componentes.  |
| 2.- Descarga directa.   | 7.- Mecanismo de escrepa con 8 a 19 m de longitud de brazo, suministrable en versión manual o automática. |
| 3.- Puesto de mando central con posibilidad de control óptico de todas las maniobras. | 8.- Silos de cemento.   |
| 4.- Básculas contrantables para cementos y agregados.                                 | 9.- Cimentación sencilla.   |
| 5.- Infraestructura portante para 2.8 ó 3.3 m de altura de descarga del concreto.     |   |



Cuidado de la dosificadora y de la mezcladora.

Causas

1.- Verificar que la revolvedora esté nivelada, se debe revisar con frecuencia.

Si no está nivelada, el concreto no se mezclará debidamente, el medidor de agua y el mecanismo de pesado pueden verse afectados.

2.- Revisar siempre los niveles de combustible, aceite y agua, antes de arrancar la revolvedora; asegurarse de tener suficiente combustible para el trabajo del día.

Si no marca cero, hay que ajustarla. En algunas máquinas esto se hace aflojando los tornillos que fijan la aguja, moviéndola hasta la posición correcta y volviendo a apretar los tornillos.

Vuélvase a cargar de combustible la revolvedora, al finalizar la jornada de trabajo, para disminuir la condensación en el tanque de combustible.

3.- Asegurarse de que la aguja de la carátula del medidor está en cero cuando la tolva esté vacía.

El agregado acumulado debajo de la tolva impide que ésta se pueda mover, y afecta seriamente la lectura del medidor, especialmente cuando la tolva descansa sobre una cápsula de

De esta manera es menos probable que el cemento entre en contacto con el fondo y los lados húmedos de la tolva.

7.- Verificar una vez a la semana que la velocidad de la revoladora es la recomendada por el fabricante; si no es así, el concreto puede quedar mal mezclado y la revoladora podría averiarse. Se debe recordar que, para lograr una buena mezcla, el número de revoluciones de el tambor es más importante que el tiempo.

8.- Al menos una vez por semana, o con más frecuencia si se cree que algo anda mal, verifíquese que el sistema de peso trabaja bien y que los materiales se están suministrando con los pesos correctos.

Esto puede hacerse poniendo una marca de tiza en el tambor y contando cuantas veces para por un punto determinado, en un minuto.

En una máquina con medidor, se puede hacer rápidamente una verificación aproximada, colocando pesos conocidos (pueden utilizarse sacos de cemento, - cuando no se disponga de pesas) en la tolva y observando si la aguja señala el peso correcto. Hágase con diferentes pesos hasta llegar al máximo que se está usando.

presión conectada al medidor. Al hacer la limpieza debajo de la tolva, se debe asegurar que está puesta la cadena de seguridad.

4.- No se debe permitir que agregado derramado se acumule al rededor del mecanismo o debajo de la tolva.

Colóquese el agregado grueso y el agua en el tambor, hágase funcionar la revoladora durante unos diez minutos y descárguese. Esto evita que las aspas queden cubiertas por mortero endurecido.

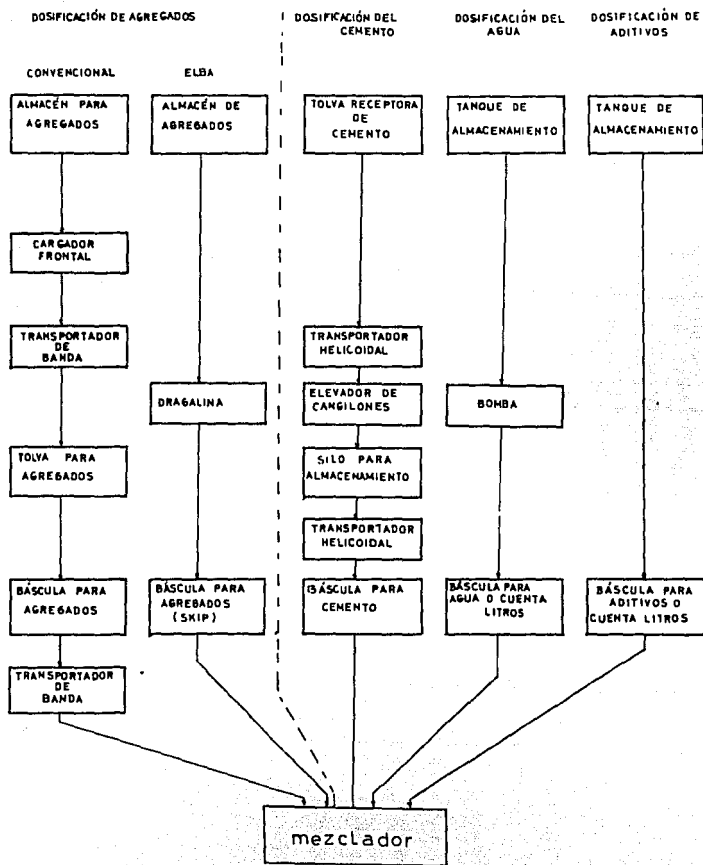
5.- Limpiar completamente el tambor después de terminar el colado del día y cuando haya una pausa, como la hora de la comida.

La acumulación de cemento o mortero endurecido afecta la lectura del medidor y hace que se suministre insuficiente agregado.

6.- Mantener limpia la tolva, especialmente cuando el cemento se coloca en la misma tolva - que el agregado húmedo. Generalmente esto se logra colocando primero el agregado grueso en la tolva, después el cemento y finalmente el agregado fino.

El agregado grueso ejerce una acción de desgaste sobre el fondo de la tolva, tanto al vaciarlo como al descargarlo de la misma.

## PROCESO PRODUCTIVO DE UNA PLANTA DE CONCRETO



## CAPITULO "4"

### CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN PLANTA

El control de calidad del concreto tiene como finalidad verificar los requisitos establecidos para éste producto, dentro de las tolerancias que determinan las normas mexicanas vigentes.

Para comprobar que lo especificado se cumple, es necesario realizar un muestreo representativo y una serie de pruebas, tanto para el concreto fresco, como para el concreto endurecido.

Los implementos necesarios en un laboratorio de una planta de concreto, son los siguientes:

- básculas
- charolas (o cajas para materiales)
- probetas de 1 litro
- conos para revenimiento
- varillas para pruebas de revenimiento
- cilindros para pruebas
- un juego de mallas para arena
- un juego de mallas para grava (para cada tamaño de agregado)
- ro-tap (eléctrico o mecánico)
- cabeceador de cilindros
- parrilla eléctrica
- jarras para azufre
- palas y carretillas
- latas cilíndricas metálicas con capacidad de 20 a 30 litros
- frascos de vidrio
- pileta para curado
- medidor de aire

- máquina de compresión
- formas de laboratorio para control
- revolvedora

Pruebas para determinar las propiedades generales del concreto,  
según las normas mexicanas vigentes

I.- Pruebas al concreto fresco

1.- Determinación del revenimiento.- El revenimiento es la medida de consistencia del concreto fresco, en términos de la disminución de altura de un molde metálico, en forma de cono truncado, que contiene concreto fresco al retirar su apoyo.

Es importante tener en cuenta que cualquier error de procedimiento, puede ocasionar graves problemas. La prueba no será representativa de la calidad real del concreto, si no se humedece el interior del cono, si no se usa la varilla adecuada, o si la compactación no se hace adecuadamente.

Para la prueba del revenimiento, se requiere del siguiente equipo:

- molde metálico, en forma de cono truncado
- cucharón con mango
- varilla de acero de sección circular, recta y lisa
- cinta métrica
- equipo de cribado
- herramienta manual (palas, cucharas y guantes de hule)
- placa metálica

Esta prueba se realiza utilizando un cono metálico cortado en la parte superior para la entrada del concreto. El diámetro inferior es de 20 cm, el superior es de 10 cm y la altura es de 30 cm.

Una vez uniformizada la muestra, se selecciona una superficie limpia plana, horizontal, lisa, firme y no absorbente, (puede ser una placa metálica). Se humedece ésta superficie y el interior del cono; a continuación se coloca el operador con los pies sobre los estribos y se procede al llenado del cono.

El cono se debe llenar en tres capas; cada capa debe de tener un tercio del volumen total del cono. La primera capa debe tener una altura aproximada de 7 cm, ésta se compacta con 25 penetraciones con una varilla de 16 mm de diámetro, 60 mm de longitud y redondeada en uno de sus extremos con un hemisferio de 8 mm de radio. La segunda capa debe alcanzar una altura aproximada de 15 cm y la última debe rebasar ligeramente el borde superior del cono.

Inmediatamente después de la operación anterior se retira el concreto sobrante en la parte superior y los lados del cono.

Posteriormente se retira el molde y se coloca de cabeza a un lado de la muestra de concreto para medir la diferencia de altura entre el cono y la mezcla.

Tolerancias que se aplican en las pruebas de revenimiento.

Revenimiento Especificado ( cm )	Tolerancia ( cm )	
	NOM	A.S.T.M.
menos de 5	± 1.5	± 1.3
5 a 10	± 2.5	± 2.5
más de 10	± 3.5	± 3.8

La prueba del revenimiento en planta da una idea de la consistencia del concreto a entregar, y además; indica con que revenimiento llegará a la obra (en una forma aproximada), sobre todo por motivo que algunos

clientes necesitan concretos con tolerancias más estrictas.

## 2.- Muestréo de concreto fresco

Se entiende por concreto fresco la mezcla homogénea en estado plástico no endurecido, de cemento, agregado fino y grueso, agua y aditivos en su caso, en proporciones establecidas.

El objetivo de colar probetas cilíndricas y ensayarlas es con el propósito de comprobar la resistencia del concreto proyectado. Los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días se analizan estadísticamente y con los resultados de éstos es posible inferir sobre el comportamiento de las materias primas, el personal técnico, la maquinaria, o de alguna otra causa.

Para efectuar el moldeo de cilindros, es necesario el siguiente equipo:

- Moldes.- Deben ser cilíndricos, con un diámetro de 15 cm y 30 cm de altura si el agregado no excede de 2" del tamaño nominal. Por otro lado si el agregado sobrepasa el tamaño anterior, el diámetro del molde debe ser 3 veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado.

- Cucharón.- Que cuente con mango.

- Varilla (idéntica a la de revenimiento).

- Regla metálica.- Para enrasar, que tenga unos 25 cm de longitud, ancho de 3 cm y espesor de 5 mm.

El lugar en que se deben moldear los cilindros, debe encontrarse cubierto y la superficie en que queden almacenados, debe ser horizontal, lisa y libre de vibraciones.

Colocar los moldes sobre la superficie en el lugar en que quedarán almacenados y proceder con la muestra uniforme, debidamente remezclada, a elaborar cada cilindro, como sigue:



Se debe de llenar el molde en tres capas, cada capa debe ser aproximadamente un tercio del volumen total del molde.

La primera capa que debe de tener una altura aproximada de 10 cm dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de la varilla. Después de compactada la primera capa, si quedan oquedades superficiales, se golpea ligeramente con la varilla varias veces, para que cierren los vacíos que se hayan quedado al compactar.

La segunda capa, debe alcanzar una altura aproximada de 20 cm dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de la varilla, de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, pero procurando que en cada golpe la varilla penetre 2 cm, aproximadamente en la primera capa. Se repite el golpeteo lateral en el caso de existir oquedades.

Con la tercera capa, llenar totalmente el molde y agregar una cantidad extra suficiente, para después hacer la compactación también con 25 golpes de la varilla que debe penetrar 2 cm en la segunda capa y el molde que de totalmente lleno con un ligero excedente. Si hay oquedades, repetir el golpeteo lateral como se hizo en las capas anteriores.

Es muy importante que para compactar las capas, se utilice la varilla especificada, ya que la punta redondeada desliza sobre el agregado al penetrar y permite que el concreto se cierre suavemente cuando se extrae la varilla. El uso de una varilla con punta plana, empuja el agregado hacia abajo, originando vacíos cuando se retira.

Los especímenes elaborados deben de permanecer sin ser movidos durante 24 horas; después de transcurrido el período de tiempo antes señalado, se deberán transportar cuidadosamente a un cuarto de curado en donde deberán permanecer hasta la fecha de su ensaye.

En los cuartos de curado se almacenan las probetas a una temperatura constante de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y con una humedad comprendida entre 95 y 110 por ciento.

Una vez que se ha cumplido la edad en que se desean ensayar las probetas, se deberán sacar del cuarto de curado y se procederá al cabeceado, que consiste en colocarles en cada extremo una capa de material, generalmente azufre.

3.- Determinación del contenido de aire, peso unitario y rendimiento del concreto.

- Determinación del contenido de aire.

La prueba se realiza en un recipiente cilíndrico de metal no atacable por la pasta de cemento. El borde superior debe ser plano y su capacidad debe de estar de acuerdo con la tabla que sigue.

Capacidad mínima del recipiente	
Tamaño máximo nominal del agregado grueso ( mm )	Capacidad del recipiente (LTS)
25	5
38	10
50	15
75	30

Capacidad y dimensiones del recipiente		
Capacidad del recipiente ( litros )	Diámetro interior ( mm )	Altura interior ( mm )
5	$170 \pm 2$	$220 \pm 2$
10	$205 \pm 2$	$305 \pm 2$
15	$255 \pm 2$	$295 \pm 2$
30	$355 \pm 2$	$305 \pm 2$

ESTE LIBRO NO DEBE SER PRESTADO SIN LA AUTORIZACION DE LA BIBLIOTECA

Se coloca el concreto en tres capas de aproximadamente igual volumen. Cada una de ellas se compacta con 25 penetraciones para volúmenes menores o iguales a 14 litros; y con 30 penetraciones si es de 28 litros. Para las dos capas superiores la varilla debe penetrar 2 cm. La varilla es similar a la del muestreo de concreto fresco.

Procedimiento por vibración interna.- Puede ser de flecha rígida o flexible, accionada por un motor eléctrico. La frecuencia de operación debe ser de 7000 vibraciones por minuto o mayor. El proceso que se sigue es como sigue: se llena el molde y se vibra el concreto en dos capas aproximadamente iguales, se inserta el vástago en tres diferentes puntos de cada capa y éste debe penetrar 2 cm aproximadamente en la capa superior. A continuación, después de la compactación, se debe enrasar la superficie de concreto y se concluye con la limpieza y pesado.

El contenido de aire se calcula como sigue:

$$A = \frac{(T - P)}{T} \times 100$$

$$A = \frac{(Y - V)}{Y} \times 100$$

En donde:

A = Contenido de aire en el concreto (porcentaje de vacíos).

T = Peso teórico del concreto, considerándolo libre de aire, en  $\text{kg/M}^3$

P = Peso unitario del concreto fresco, en  $\text{kg/M}^3$

Y = Volumen real de concreto obtenido por revoltura, en  $\text{M}^3$

V = Volumen total absoluto de los ingredientes que componen la revoltura.

El peso teórico del concreto es un valor que se considera constante para todas las revolturas elaboradas, se calcula como sigue:

$$T = \frac{P_i}{V}$$

En donde:

Pi = Peso total de todos los materiales incluidos en una revoltura.

V = Volumen total absoluto de los ingredientes que componen una revoltura, en M<sup>3</sup>.

- **Peso unitario.**- Se calcula el peso neto del concreto, en kilogramos, restando el peso del recipiente del peso bruto. Se calcula el peso por metro cúbico multiplicando el peso neto por el factor obtenido al calibrar el recipiente en uso.
  - **Rendimiento.**- Se calcula dividiendo el peso total de todos los materiales incluidos en una revoltura "Pi" entre el peso unitario "P". El peso total de los ingredientes es la suma del peso del agregado fino y grueso, cemento, agua y de cualquier otro material sólido o líquido usado.
- 4.- **Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión.**

Para ésta prueba se usa un aparato especial conocido como "medidor de aire del concreto". Existen dos tipos de aparato el "A" y "B", y ambos son útiles para ésta prueba.

Básicamente éste aparato se compone de un recipiente cilíndrico de aluminio, en el cual se deposita el concreto; tiene una tapa del mismo material que lleva una cámara de aire que se puede llenar mediante un pequeño émbolo, consta además de un manómetro graduado que al ser leída una lectura, se obtenga el por ciento de aire existente en el concreto.

## II.- Pruebas al concreto endurecido

- 1.- **Determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto.**

La máquina para efectuar esta prueba puede ser de cualquier tipo, con capacidad suficiente y que pueda funcionar a la velocidad de aplicación de la carga. La carga debe ser aplicada en forma continua, sin intermitencias y sin impacto.

Si la carga de una máquina de compresión empleada para pruebas de concreto, se registra en una carátula, ésta debe estar provista de una escala graduada que se pueda leer por lo menos con una aproximación de 100 kg.

Las pruebas a la compresión de los especímenes curados en húmedo, deben ser hechas inmediatamente después de retirar éstos del cuarto de curado. Los especímenes de prueba se deben conservar húmedos durante el período transcurrido entre el retiro y prueba.

Procedimiento.- Se coloca el espécimen sobre la superficie del bloque inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro del bloque de carga con asiento esférico; mientras el bloque superior se baja hacia el espécimen, se gira su parte móvil a mano, para obtener un contacto uniforme.

Velocidad de aplicación de la carga.- En máquinas hidráulicas, la velocidad de aplicación de la carga, debe ser constante dentro del intervalo de 1.4 a 3.5 kg/cm<sup>2</sup> seg. Se aplica la carga hasta que el espécimen falle y se registre la carga máxima soportada durante la prueba. Se debe describir el tipo de falla y la apariencia del concreto.

Se calcula la resistencia a compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal.

De la experiencia de gran número de pruebas realizadas, se ha observado que generalmente se obtienen los siguientes resultados:

En el concreto elaborado con cemento tipo I:

- 1.- A los tres días de edad entre el 20 y el 25% de la resistencia alcanzada a los 28 días de edad.
- 2.- A los 7 días de edad se tiene una resistencia comprendida entre el 65 y 70% de la resistencia alcanzada a los 28 días.
- 3.- A los 14 días de edad la resistencia alcanzada está comprendida entre el 85 y 90% de la de 28 días.

En el concreto elaborado con cemento del tipo III:

- 1.- A los 3 días de edad el concreto ha alcanzado entre el 45 y 50% de la resistencia que el concreto normal tiene a los 28 días de edad.
  - 2.- A los 7 días de edad tiene una resistencia comprendida entre el 80 y 85% de la alcanzada por el concreto normal a los 28 días.
  - 3.- A los 14 días de edad alcanza del 95 al 98% de la resistencia del concreto normal a los 28 días.
  - 4.- A los 28 días de edad el concreto elaborado con cemento tipo III, tiene una resistencia del 105 al 115% de la que alcanza a la misma edad el concreto normal.
- 2.- Determinación de la resistencia a flexión del concreto (usando una viga simple con cargas en los tercios del claro).

Moldeo de vigas para prueba de flexión.- Cuando sea necesario, se debe determinar la resistencia del concreto a la flexión, elaborándose vigas que generalmente tengan una sección transversal de 15 cm de altura por 15 cm de ancho y una longitud no menor de 50 cm. Estas vigas son adecuadas para el ensaye de concreto, las cuales tienen un tamaño máximo de agregado hasta de 5 centímetros.

Si el tamaño máximo del agregado es mayor de 5 cm, se deben elaborar vigas en las que la altura de la sección transversal no sea menor a tres veces el tamaño del agregado, con un ancho cuando menos igual a la altura

ra, pudiendo ser mayor que ésta, hasta media vez y una longitud igual a tres veces la altura, mas 5 centímetros como mínimo.

Procedimiento.- Se debe revisar primero que los moldes estén sellados para evitar pérdidas de agua o mortero. Este sellado se logra aplicando en las juntas grasa para chasis, mastique, plastilina o grasa grafitada. Una vez que estén sellados, se aceitan ligeramente con aceite re bajado con petróleo las superficies del molde. En seguida se colocan los moldes sobre la superficie, en el lugar en que quedarán almacenados y se procede con la muestra homogeneizada y debidamente remezclada a e-laborar las vigas como a continuación se indica, tomando en cuenta que los concretos con revenimiento, mayores a 8 centímetros se deben compac-tar por varillado; los concretos con revenimiento entre 3 y 8 centíme-tros, se pueden compactar varillando o vibrando; y los que tienen reve-nimiento, menores a 3 centímetros, se deben vibrar.

Cuando el molde tiene entre 15 y 20 centímetros de altura, se debe llenar en dos capas, cada capa en éste caso debe ser de aproximadamente la mitad de la altura del molde.

Cuando la altura del molde es mayor de 20 centímetros, se llena en 3 capas o más de igual altura, hasta un máximo de 10 centímetros por capa. Al formar cada capa, debe procurarse que éstas sean representati-vas de la mezcla, depositando el concreto en forma uniforme a todo lo largo del molde, procurando evitar la segregación del agregado grueso y llenando las esquinas y aristas con la ayuda de una charola de albañil. Posteriormente, utilizando la varilla de compactación, se redistribuye el concreto dentro del molde, debiéndose compactar como sigue:

La primera capa se compacta aplicando una penetración de la varilla, por cada 10 cm cuadrados de superficie del molde, es decir, en vigas de

15 X 50 cm, se harán 75 penetraciones distribuidas uniformemente en toda la superficie; la varilla debe atravesar completamente la capa.

Si se observan oquedades en la superficie del concreto, después de compactar ésta primera capa y antes de colocar la siguiente, se debe golpear ligeramente con la varilla las paredes del molde, para que los vacíos que hayan quedado en el concreto, se cierren. En seguida, se debe introducir una llana de yesero o cuchara de albañil entre el concreto y las paredes del molde, hasta tocar el fondo y recorrerla a lo largo de las paredes laterales y de los extremos.

En la segunda capa, el concreto debe robarse ligeramente la altura del molde, cuando éste es hasta de 20 cm y ser lo suficiente para llenarlo. Se compacta con igual número de penetraciones que la primera capa, procurando que la varilla atraviere en cada golpe ésta segunda capa, y penetre en la primera un centímetro aproximadamente, cuando la altura de las capas que se vacíen sea menor de 10 cm. Si la altura de las capas es de 10 cm, la varilla debe penetrar 2 cm en la capa inferior.

Si se observan oquedades después de compactar ésta segunda capa, se procede a golpear con la varilla las paredes del molde, de igual manera que después de la primera capa.

En capas sucesivas, cuando el molde tiene más de 20 cm de altura, se procede de igual forma que para la segunda capa descrita anteriormente.

Después de elaboradas las vigas, se deben proteger de la evaporación del agua, por lo cual, hay que cubrirlas con una tela de plástico.

Los especímenes en forma de vigas, deben permanecer en sus moldes durante 48 horas, después de las cuales deben ser transportados en sus moldes hasta el lugar donde deben ser descimbrados y continuar su curado



hasta la edad especificada.

Determinación de la resistencia a flexión.- Se debe utilizar un dispositivo que sea capaz de aplicar cargas en los tercios del claro en una forma uniforme. A continuación se coloca el espécimen sobre un perfil laminado de sección o placa y se debe vigilar que la línea de contacto entre ellos sea menor a 0.1 mm, en caso contrario se recomienda un lijado o usar tiras de cuero cuando la línea de contacto se aparte de un plano en no más de 0.38 mm. En la siguiente figura se presenta el dispositivo de ensayo.

La carga se debe aplicar rápidamente hasta aproximadamente el 50% de la carga de ruptura. En seguida se sigue aplicando la carga, continuamente a una velocidad que constantemente aumente el esfuerzo de las fibras externas entre 8.5 y 11.8 k/cm<sup>2</sup>.

Si la fractura se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio del claro, el módulo de ruptura se calcula como sigue:

$$R = \frac{PL}{BD^2}$$

En donde:

R = Es el módulo de ruptura, en k/cm<sup>2</sup>.

P = Es la carga máxima aplicada en kg.

L = Es la distancia entre apoyos, en cm.

B = Es el ancho promedio de la probeta, en cm.

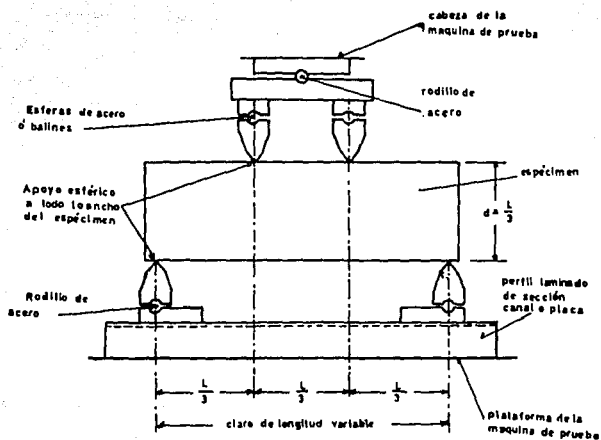
D = Es el peralte promedio de la probeta, en cm.

Si la fractura se presenta en la superficie de tensión fuera del tercio medio del claro, en no más del 5% de su longitud, se calcula el módulo de ruptura como sigue:

$$R = \frac{3 PA}{BD^2}$$

En donde:

A = Es la distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de la viga, en cm.



Dispositivo de ensaye  
(RESISTENCIA A FLEXIÓN)

Si la fractura ocurre en la superficie de tensión fuera del tercio medio del claro en más del 5%, se desecha el resultado de la prueba.

#### Evaluación estadística de resultados de pruebas de laboratorio

En el presente trabajo, se ha considerado importante tratar la evaluación estadística de pruebas de laboratorio en lo referente a los especímenes que se sometieron al estudio de compresión, como se verá más adelante, de los análisis estadísticos se podrán inferir experiencias acerca de las materias primas utilizadas, de la dosificación adecuada, etc. Estas experiencias serán básicas para obtener variaciones que determinarán límites y especificaciones en el concreto.

El concreto, está sujeto a la influencia de las siguientes variables:

- Práctica usada en el proporcionamiento.
- Procedimiento de mezclado.
- Transportación.
- Procedimiento de colocación y curado.
- Elaboración de especímenes.
- Prueba y cuidado de los especímenes de prueba.

Solo se han mencionado algunas variables, pero en realidad existen muchas más.

#### La estadística en el control de calidad del concreto

El concreto es un material que al salir de la planta tiene una resistencia especificada por el cliente, que no es real en el momento de la entrega. La estadística en el control de su calidad, ha cobrado mayor importancia que en otros materiales. Pero la resistencia final también va a depender de la colocación, compactación y curado en obra, por lo consiguiente, éstas últimas influencias son responsabilidad del cliente.

Parámetros estadísticos utilizados para el estudio de resultados de especímenes de concreto.

1.- Valor medio.- Es el promedio aritmético de todos los valores. Si representamos los valores sucesivos por  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , siendo "n" el número de valores. El valor medio  $\bar{X}$  se calcula como:

$$\bar{X} = \frac{\text{SUM } X}{n}$$

Para trabajar con valores agrupados, usamos la expresión:

$$\bar{X} = \frac{\text{SUM } f \cdot z}{n}$$

En donde "z" es el valor medio del intervalo y "f" su correspondiente frecuencia absoluta.

2.- Desviación estándar.- Se calcula con la expresión matemática sig:

$$\sigma = \frac{(\text{SUM } \bar{X}^2 - n \bar{X}^2)^{1/2}}{n - 1}$$

Cuando se trabaja con valores agrupados, la expresión se transforma en:

$$\sigma = \frac{(\text{SUM } f z^2 - n \bar{z}^2)^{1/2}}{n - 1}$$

Una representación gráfica muy común de datos, es el histograma que se construye llevando a escala en el eje de las abscisas los intervalos de clase y en el eje de las ordenadas la frecuencia de observaciones.

Existen dos tipos de histogramas, el de tipo puntual y el lineal.

El primero se usa con frecuencias absolutas, poniendo un punto por unidad de frecuencia, sobre la vertical, levantada al centro del intervalo.

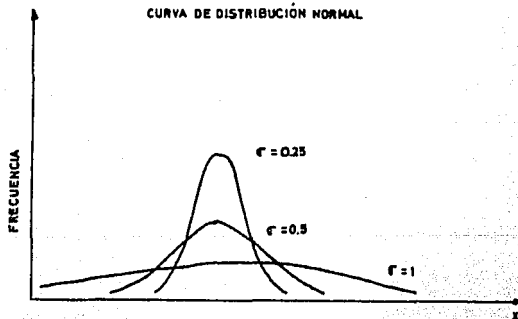
Los puntos van igualmente espaciados.

El segundo se puede usar tanto con frecuencias absolutas como relativas, sobre el eje de las "y" se traza la escala medida de las frecuencias, y al centro de cada intervalo se levanta una línea con longitud equivalente a la frecuencia que le corresponde.

Polígono de frecuencias.- Sobre la vertical al centro de cada intervalo se marca un punto cuya altura corresponda a la frecuencia del intervalo uniéndose sucesivamente los puntos con una línea quebrada obtenemos el polígono de frecuencias.

Distribución normal.- Cuando no existan una o más causas preponderantes que influyan en deformar el histograma, la distribución de los valores en los diferentes intervalos tiende a adoptar la curva de distribución normal.

Esta curva también llamada campana de Gauss, se ilustra a continuación.



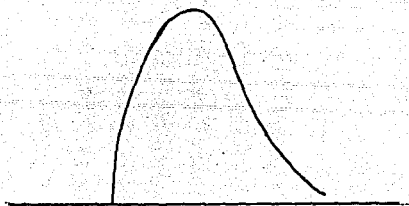
Es simétrica respecto al valor medio. Es asintótica del eje de las "x", lo que significa que puede abarcar valores sumamente grandes o chicos, su presencia tiene pocas posibilidades.

Cuando la distribución normal del grupo de valores es pequeña los valores se encuentran cercanos al valor medio y la curva es angosta y alta, lo

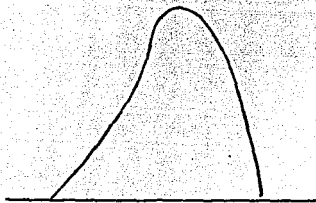
contrario que sucede cuando la curva de la distribución normal es grande, los valores se encuentran dispersos.

Ya se mencionó que cuando no existe una causa preponderante que deforme al histograma, éste toma la forma correspondiente a la distribución normal, a la que deberá apegarse más cuando el número de valores sea alto. Por tal motivo, si el histograma presenta deformaciones tendremos que investigar las causas que las originan. Veamos algunos ejemplos.

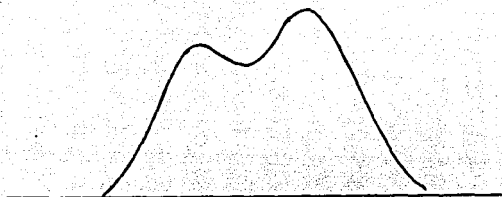
- 1.- Faltan valores bajos.- La causa probable es que se han falseado los reportes que presentaban valores bajos.



- 2.- Faltan valores altos.- La causa probable es que se han alcanzado el cielo de los agregados y su resistencia no permite lograr resistencias altas.



3.- Tiene dos o más modas.- Se llama moda a cada uno de los máximos que presenta la curva.



Causas probables: el concreto fue surtido de dos plantas con diferente grado de control de calidad o hubo un cambio brusco de dosificación durante el período en que se entregó el concreto.

Una vez establecido los parámetros estadísticos, solo resta analizar un ejemplo y con los resultados obtenidos llegar a algunas conclusiones útiles para el mejor control del concreto que se produce en planta.

## E J E M P L O

Concreto normal de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , y revenimiento de 14 cm.

No. de la muestra	Revenimiento 14±3.5	Edad 7 días				Edad 28 días			
		1	2	Prom	Difer	1	2	Prom	Difer
67	16	176	166	161	10	242	252	247	10
76	12	219	211	215	8	281	288	285	7
77	15	191	209	200	18	236	247	242	11
78	14	201	195	198	3	251	249	251	2
79	13	180	175	178	5	211	212	212	1
85	15	169	169	169	0	236	244	240	8
86	14	208	213	211	5	308	312	310	4
87	14	238	240	239	2	347	342	345	5
88	15	158	157	158	1	237	234	236	3
89	16	160	161	161	1	267	268	260	1
93	15	201	200	201	1	191	199	196	7
94	13	202	204	203	2	302	304	303	2
95	14	187	185	186	2	287	288	288	1
96	12	199	202	201	3	305	301	303	4
97	12	202	209	206	7	305	301	303	4
98	10	233	226	230	7	311	315	311	4
99	13	192	191	192	1	263	269	266	6
100	13	181	176	179	5	266	265	266	1
101	14	174	178	176	4	256	257	257	1
102	14	182	163	173	19	281	286	284	5
103	12	184	178	181	6	287	293	290	6
104	13	166	166	166	0	267	267	267	0
105	13	196	196	196	0	312	310	311	2
106	14	200	195	198	5	310	312	311	2
107	15	168	169	169	1	290	187	289	3
108	12	194	195	195	1	285	288	287	3
109	17	165	166	166	1	270	278	274	8
110	10	177	180	179	3	281	278	280	3
111	19	164	165	165	1	257	260	259	3
112	16	161	161	161	0	264	265	265	1
113	13	175	180	178	5	185	276	281	9
114	13	277	179	178	2	276	276	276	0
115	16	160	160	160	0	264	258	261	6
116	15	207	207	207	0	324	328	326	4
123	12	277	278	278	1	337	345	341	8
224	13	193	198	196	5	259	269	264	10
225	13	254	257	256	3	325	322	324	3
226	16	204	201	203	3	267	261	264	6
227	13	244	242	243	2	313	310	312	3
229	13	226	218	222	8	300	304	302	4
230	15	165	166	166	1	223	243	233	20
231	10	199	191	195	8	293	266	280	27
232	14	165	165	165	0	259	270	265	11
233	16	204	267	206	3	291	288	290	3
244	15	164	165	165	1	246	243	245	3
245	13	227	224	226	3	301	305	303	4
246	12	185	191	188	4	265	269	267	4
n = 47	Promedios			192.7	3.64			280.3	5.17



Intervalo de	Frecuencia "f"	Valor medio del intervalo "z"	f.z	f.z <sup>2</sup>
211 a 211	1	220.5	220.5	48 620.25
231 a 250	6	240.5	1443.0	347 041.50
251 a 270	13	260.5	3386.5	882 183.25
271 a 290	12	280.5	3366.0	944 163.00
291 a 310	7	300.5	2103.5	632 101.75
311 a 330	6	320.5	1923.0	616 321.50
331 a 350	2	340.5	681.0	231 880.50
Sumas	47		13123.5	3 702 311.75

1.- Valor medio  $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{13\ 123.5}{47} = 279.22 \text{ kg/cm}^2$$

2.- Desviación estándar

$$n \bar{X}^2 = 3\ 664\ 388.3$$

$$\sigma = \frac{3\ 702\ 311.8 - 3\ 664\ 388.3}{47-1} = 28.1 \text{ kg/cm}^2$$

A continuación se analizará a qué grado de calidad pertenece el concreto producido. (De acuerdo a las normas mexicanas vigentes).

Grado de calidad "A".

I.- No más del 20% de las muestras menor que f'c.

Los valores menores de 250 que encontramos son 247, 242, 212, 240, 236, 233 y 245. Son 7 valores, como el 20% de 47 valores totales es 9, el concreto sí cumple ésta condición.

II.- No más de 1% de los promedios de 7 muestras consecutivas menor que f'c.

$$(247 + 285 + 242 + 251 + 212 + 240 + 310)/7 = 255$$

255 es mayor a  $f'c = 250$ ; luego también cumple con ésta condición.

III.- No más de 1% de las muestras menor que  $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$ .

El valor más bajo de toda la serie es 212. Por otro lado  $f'c = 50$  nos da 200. Como se puede observar se cumple la última condición al ser mayor el valor 212.

Grado de calidad "B".

I.- No más del 10% de las muestras menor que  $f'c$ .

Ya vimos que hay 7 valores menores que  $f'c$ . El 10% de 47 valores es 4, luego no se cumple.

II.- No más del 1% de los promedios de tres muestras consecutivas menor que  $f'c$ .

Los valores 251, 212, 240 dan un promedio de 234 menor que  $f'c$ , puede haber otros pero con una serie que no cumple, es motivo para que no pase ésta condición.

III.- No más del 1% de las muestras menor que  $f'c = 35 \text{ kg/cm}^2$ ,

El valor más bajo 212 es menor que  $250 - 35 = 215$ ; no cumple.

La realidad nos dice que el concreto producido si cumplió con la calidad "A" para  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ . Sin embargo, es posible investigar estadísticamente el grado de calidad del concreto.

## CAPITULO V

### TRANSPORTE Y COLOCACION

Existen diversos equipos y métodos para el transporte y colocación del concreto fresco. Estos, deben de evitar al máximo la segregación y mantener las propiedades dadas al concreto en su elaboración: Relación agua/cemento, revenimiento, trabajabilidad y homogeneidad.

El usar tal o cual método y/o equipo en el transporte y la colocación del concreto fresco depende de las condiciones particulares de la obra. -

Factores tales como:

Ubicación

Accesibilidad

Condiciones ambientales

Volúmen

Tiempo de entrega

Ingredientes de la mezcla

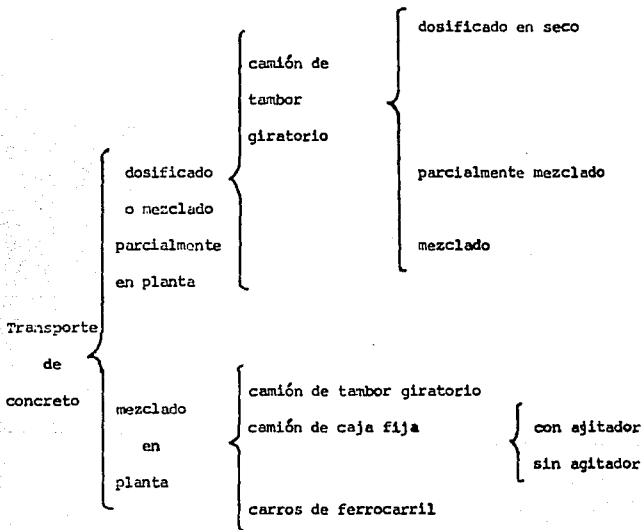
Norman el criterio para elegir el tipo de equipo y método a utilizar para el transporte y colocación del concreto.

De hecho, los diversos métodos y equipos de transporte y colocación de concreto surgieron para cumplir determinados requerimientos en el manejo del concreto. Podemos hablar de rangos de utilización de los diversos equipos y métodos con que se cuenta para el transporte y colocación. Bajo ciertas condiciones determinado equipo cumple satisfactoriamente, - pero al cambiarlas resulta ineficiente, por lo que hay que usar el equipo que se adapte a las nuevas condiciones.

El objeto final es obtener un concreto de calidad, que cumpla con la resistencia de diseño, impermeable, sano y de manera eficiente y económica.

#### TRANSPORTE.

Cumplida la etapa de dosificación y mezclado del concreto, la etapa siguiente es llevarlo hasta el sitio que ocupará en la obra en construcción. Existe gran variedad de equipo de transporte de concreto, tales como:



Camión de tambor giratorio dosificado en seco. Este método es útil sobre todo para viajes largos y cuando se prevén demoras de colocación. Los materiales secos se transportan al sitio de la obra en el tambor del camión, y el agua de mezclado se lleva por separado, en un tanque montado en el mismo camión. Es de importancia el considerar la humedad libre de los agregados, que forma parte del agua total de mezclado, dado que provoca algo de hidratación en el cemento. El volumen total de concreto que puede transportarse es del 63 por ciento de la capacidad del tambor.

Camión de tambor giratorio mezclado parcialmente en planta. El concreto transportado por este método se mezcla por poco tiempo, generalmente de 15 a 30 segundos en la mezcladora de la planta, y el mezclado se completa en el tambor del camión.

Camión de tambor giratorio (mezclado en el tambor del camión) En este método, los materiales previamente dosificados en planta son transferidos a un camión revolutor donde se lleva a cabo la operación de mezclado.

Cuando el tambor se está cargando, debe girarse a la velocidad designada por el fabricante. El mezclado se completa empleando entre 70 y 100 revoluciones. El volumen absoluto total de todos los ingredientes dosificados para mezclado completo en un camión de tambor giratorio, no debe exceder del 63 por ciento de la capacidad del tambor.

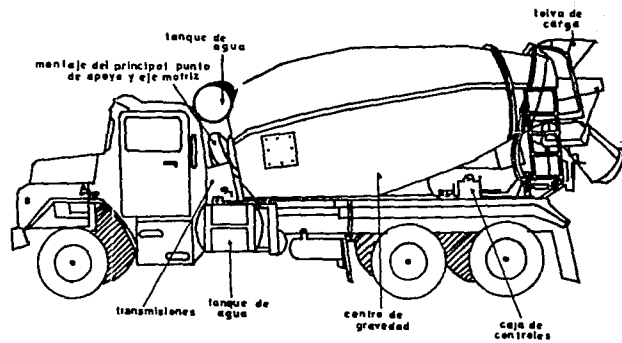
Mezclado en planta y transportado en camión de tambor giratorio. En este método el camión de tambor giratorio sirve como unidad de transporte así como de agitador para mantener trabajable al concreto. El volumen transportado puede aumentarse hasta el 80 por ciento de la capacidad del tambor.

Mezclado en planta y transportado en caja fija con o sin agitador. Las unidades empleadas en esta forma de transporte, consta de una caja abierta, sobre un camión. La caja debe de cumplir con ciertos requisitos de diseño para el manejo

adecuado del concreto. Debe tener superficies lisas, perfiladas y diseñadas para descargar por la parte trasera.

Cuando la caja cuenta con agitador, este, ayuda a la descarga de mezcla del concreto al descargarse. Caminos llanos, superficies limpias y cubiertas protectoras para las cajas durante clima adverso contribuyen significativamente en la calidad y eficiencia del concreto transportado de esta manera.

Mezclado en planta y transportado en carro de FPCC. Este es un método de transporte de concreto masivo desde la planta de mezclado hasta un punto cercano al lugar de colocación. Una grua entonces levanta el recipiente hasta el punto final de colocación. La descarga del concreto de los carros de transporte al recipiente, que puede ser por fondo, o por alguna forma de volteo, debe ser cuidadosamente controlada para evitar la segregación.



REVOLVEDORA (OLLA)

## COLOCACION.

La colocación del concreto fresco puede efectuarse con recipientes, tolvas, banchas, carretillas, conductos, banda transportadora, aire comprimido, bombeo, tubo embudo y equipo para pavimentar.

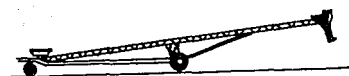
Requisito básico del equipo y método de colocación es el de conservar la calidad del concreto, en relación con el revenimiento, la relación agua/cemento, contenido de aire y homogeneidad.

La selección del equipo de colocación debe basarse en la capacidad para el manejo eficiente del concreto en las condiciones mas ventajosas.

Al optar por este o aquel equipo de colocación, debemos de garantizar el que el concreto se mantenga plástico así como evitar la existencia de juntas frías. La colocación debe hacerse por capas horizontales (maximo 60 cm. de espesor) y en construcciones monolíticas, cada capa debe colocarse cuando la capa subyacente todavía responda a la vibración.

colocación de concreto	}	carretillas	}	manual
				semimanual
				motorizada
	}	banchas	}	Portátil
		banda transportadora		alimentadora
		bombeo		radial
			concreto de agregado precolocado	
		concreto vaciado por tubo embudo (tremie)		

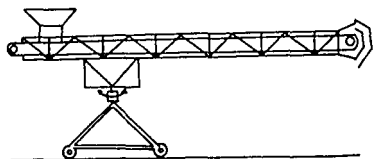




BANDA TRANSPORTADORA PORTÁTIL



BANDA TRANSPORTADORA ALIMENTADORA O EN SERIE



BANDA TRANSPORTADORA DE DISTRIBUCIÓN RADIAL

### Carretillas concreteras.

Utilizadas para transportar pequeños volúmenes, la utilización de carretillas concreteras, manuales o motorizadas, resulta de gran conveniencia y alta economía en construcciones relativamente pequeñas, donde el concreto se transporta en cortas distancias. La sencillez de estos equipos podrían guiar a la conclusión, por parte de un observador inexperto, de una baja utilidad.

De acuerdo con su modo de locomoción, las carretillas se clasifican en tres grupos:

Carretillas concreteras manuales. (cap. 160 lts; dist. < 60 m.)

Carretillas concreteras semimanuales (Cap. 160 lts-1 ton; dist. > 60 m)

Carretillas concreteras motorizadas. (Cap. 1 3.5 ton; dist. 300 a 400 m.)

### Bachas.

La bacha o bote de concreto es un recipiente para transportar concreto que cuenta con compuertas de fondo, las cuales al abrirse permiten que el concreto fluya hacia abajo por peso propio. Estas compuertas pueden ser operadas manualmente, en el caso de botes chicos, y en el caso de botes grandes, el sistema de apertura puede ser mecánico, hidráulico o neumático. Las compuertas están diseñadas en forma tal que puedan abrirse o cerrarse a voluntad con el fin de regular el flujo de concreto.

Los volúmenes de concreto que pueden manejar van desde  $0.5 \text{ m}^3$  hasta  $8 \text{ m}^3$  en los modelos más grandes. Es común que sean de forma cónica truncada, y necesariamente movidos por equipo de elevación.

### Banda transportadora.

Las bandas transportadoras son un medio para la conducción de materia-

les en forma continua con elevado rendimiento y economía de operación.

Las bandas transportadoras sin embargo, no solo se limitan a transportar materiales para el triturado o cribado, sino que también se utilizan para transportar concreto en estado plástico, encargándose de recibirlo de revolvedoras o algún equipo de fabricación para llevarlo al punto de descarga y colocación.

Las bandas transportadoras están compuestas por los siguientes elementos:

- Una banda continua de material resistente
- rodillos de carga
- poleas de cabeza y cola en los extremos de la banda
- un motor de propulsión de la banda
- una armadura de soporte del equipo.

Las bandas transportadoras pueden clasificarse en tres tipos:

- Transportadoras portátiles o autosuficientes
- Transportadoras alimentadoras o en serie (150 <sup>m</sup>/min)
- Transportadoras de descarga lateral o espaciadoras.

Las transportadoras deben estar apoyadas adecuadamente para lograr un transporte suave y sin vibración, a lo largo de la banda, y el ángulo empleado de inclinación o de declive debe controlarse para eliminar la tendencia del agregado grueso a separarse del mortero de la mezcla. Debe alimentarse la banda transportadora por medio de una tolva para obtener un listón uniforme de material a lo largo de la banda.

#### BOMBEO.

La colocación del concreto por el método de bombeo puede definirse como aquel concreto conducido por presión a través de un tubo, sea este ri

gido o flexible y vaciado directamente en el área de trabajo. La presión es suministrada ya sea con bombas de pistón, aire comprimido o presión comprimida. El sistema de bombeo puede ser utilizado en la mayor parte de las construcciones de concreto, pero es útil especialmente en las áreas de trabajo donde el espacio para el equipo de construcción es muy reducido, construcciones elevadas (edificios) y para revestimiento de túneles.

Para obtener un bombeo satisfactorio es necesario garantizar un suministro constante de concreto bombeable, el cual, como las mezclas normales, requieren de un buen control de calidad; esto es:

Agregados uniformes debidamente graduados y materiales en cantidades consistentes bien mezcladas.

El alcance efectivo variará de 91 a 305 metros horizontales y de 30 a 91 metros verticalmente, aunque se han registrado casos en los que se ha logrado bombear el concreto horizontalmente a más de 600 mts., y se ha logrado un bombeo vertical hacia arriba de 512 metros.

El tubo rígido, llamado también línea dura, es de acero, aluminio o plástico y se consigue en tamaños que van de 8 a 20 cm. de diámetro y de 3 m. de longitud.

El conducto flexible está hecho de hule, metal flexible estriado y plásticos, se consigue en los mismos diámetros que los rígidos aunque para diámetros mayores de 10 cm. son menos eficientes.

Aún cuando los ingredientes son los mismos, tanto en el caso de mezclas bombeables, como en el que se han colocado a base de otros métodos es esencial poner más atención en el control de calidad para el proporcionamiento y el uso de una mezcla bombeable segura.

Las mezclas de concreto para bombear deben ser plásticas, las mezclas ásperas no se bombean bien.

#### TUBO-EMBUDO (Tremie).

El concreto vaciado por tubo-embudo es muy conveniente para la colocación de concreto bajo la superficie del agua, aunque se puede usar en líquidos más ligeros que el concreto, tales como el lodo bentonítico, para satisfacer condiciones especiales.

La colocación suele ser de alimentación por gravedad, desde arriba de la superficie del agua, por un tubo vertical conectado a una tolva de forma de embudo en la parte superior. El concreto fluye por el tubo-embudo hacia afuera desde el fondo del tubo, empujando la superficie existente del concreto hacia afuera y hacia arriba.

Mientras el flujo sea suave, de manera que la superficie del concreto adyacente al líquido no se agite físicamente, se obtendrá un concreto de alta calidad.

El concreto colocado por tubo-embudo se emplea sobre todo para ataguías o sellado de cajones, secciones estructurales tales como pilas de puente, muros en diques secos, pisos, etc., y como sellados en secciones prefabricadas de túneles.

El diámetro del tubo-embudo es normalmente de ocho veces el tamaño del agregado grueso. Tubos de 25 a 30 cm. de diámetro, en tramos de 3 metros son los más comunes.

Una tolva de forma de embudo se atornilla en la parte superior del tubo, y un tapón de madera, pelota de hule, bola de arpillería u otro

cierre, se emplea al empezar la colocación.

Las proporciones de la mezcla de concreto para la colocación por este método, difieren de las mezclas estructurales ordinarias, por la necesidad de que la mezcla fluya a su lugar lentamente, por gravedad sin vibración o ayuda mecánica.

La mezcla debe proporcionarse para un revenimiento de 15 a 23 cm.

#### AGREGADO PRECOLOCADO.

A grandes rasgos, este método de colocación de concreto consiste en: Llenar primero las cimbras con agregado grueso bien graduado y libre de contaminación, posteriormente es inyectada la lechada con calidad estructural en los vacíos que dejan entre sí los fragmentos del agregado grueso. Este, puede ser de piedra triturada, gravas naturales limpias y libres de polvo superficial, o finos sanos y durables. Por economía, los huecos del agregado debe mantenerse lo más bajo posible, entre un 38 y 48 por ciento.

Las lechadas básicas compuestas de cemento portland, arena y agua pueden modificarse para usarse en el concreto estructural de agregado precolocado mediante la inclusión de aditivos, tales como puzolanas, fluidificantes, agentes de expansión, inclusores de aire y materiales colorantes. Las modificaciones también se logran mecánicamente, utilizando mezcladoras de alta velocidad especialmente diseñadas.

Este método de colocación es especialmente adecuado para construcciones bajo el agua, para reparaciones en concreto y mampostería.

Dadas las peculiaridades del método, se aconseja que sea empleado con personal calificado que tenga experiencia en el método.

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES

Es indudable, el lugar preponderante que ocupa el concreto en la industria de la construcción. No se puede pensar en una obra de ingeniería civil, en la cual no esté presente el concreto en algún elemento estructural.

El elevado número de usos y los problemas que soluciona obliga a que se lo estudie cada vez más; cada nueva aplicación, los obstáculos que surgen, sirven como experiencias para continuar con su investigación.

Debido a las características que tiene el concreto, ha permitido la solución de verdaderos problemas básicos de necesidad habitacional, urbanización e infraestructura. Conjuntamente se ha utilizado en la construcción de audaces puentes para salvar grandes claros, enormes edificios, obras sumergidas en el agua, estéticos cascarones, acabados aparentes, etc.

El concreto premezclado es la mezcla de cemento, arena, grava, agua y aditivos mezclados y controlados; sus propiedades están cuidadosamente medidas y controladas con eficientes sistemas y tecnología moderna, además contando con personal especializado.

Por los avances logrados en la tecnología y la diversificación de los servicios que presta, la industria del concreto premezclado fabricará en el futuro la totalidad del concreto.

La continuidad en su investigación, permitirá en el futuro concretos con menores tiempos de fraguado, sin segregación y de alta trabajabilidad.

La calidad, en el futuro del concreto premezclado está asegurada, como

consecuencia de los avances en los sistemas electrónicos, en los métodos de evaluación de pruebas y resultados, estricto control de los agregados, etc.

Cabe recalcar las ventajas que ofrece la utilización del material motivo de este trabajo, a corto como a largo plazo. Analizando el primer período se asegura un control eficaz en el uso de las materias primas y un apego a las normas vigentes. Por lo que se refiere a largo plazo se garantizará mayor durabilidad, un producto confiable a través del tiempo y realización de investigaciones para ofrecer mejores productos.

Por supuesto, las ventajas económicas estarán presentes, y son entre otras: rapidez de colado, se conoce el costo real de la mezcla, se reducen los desperdicios en los materiales, etc.

El uso de fibras de acero permitirá incrementar la resistencia a tensión y a compresión en los elementos colados con el moderno concreto premezclado.

La escasez de los agregados es un problema que preocupa cada vez más a los constructores. Este inconveniente ya es motivo de estudio por parte de los investigadores del concreto, dando como solución el uso de agregados artificiales de peso normal y ligero.

En breve tiempo será posible disminuir el tiempo de fraguado de concreto, resultando con ello la posibilidad de predecir la resistencia de este material inmediatamente después de colocado. Lo anterior aumentará las utilidades y beneficios derivados de esta posibilidad.

Después de los terremotos que se suscitaron en México, el 19 y 20 de septiembre de 1985, con las fatales consecuencias de todas conocidas, se



vio la necesidad de hacer más estricto el reglamento de construcciones que se tenía. Debido a este cambio, las plantas de concreto premezclado incluyeron el concreto estructural como una solución a las sollicitaciones de esfuerzos rigurosos horizontales como son los sismos y viento.

El concreto estructural es un concreto de alta calidad, elaborado con agregados con mejores características y cuidadosamente controlados. Los materiales pétreos son seleccionados en cuanto a su granulometría, resistencia a la compresión, al desgaste en la máquina de los ángeles y a la abrasión, permitiendo obtener un concreto con un módulo de elasticidad mayor, menores contracciones por secado y por lo tanto, menores deformaciones a largo plazo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- CARTILLA DEL CONCRETO.  
( ACI - SP 1 )  
I.M.C.Y.C. ( No. 4 )
- 2.- PRACTICA RECOMENDABLE PARA LA MEDICION, MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO.  
( ACI - 304 )  
I.M.C.Y.C. ( No. 3 )
- 3.- TECNOLOGIA DEL CONCRETO  
TOMO I, II, III  
A. H. NEVILLE  
I.M.C.Y.C.  
1984
- 4.- COLOCACION DEL CONCRETO POR METODOS DE BOMBEO  
( ACI - 304 )  
I.M.C.Y.C. ( No. 1 )
- 5.- AGREGADOS PARA CONCRETO  
I.M.C.Y.C.
- 6.- TESIS PROFESIONAL  
" CONCRETO HIDRAULICO III "  
CARLOS IGNACIO MERCADO HERNANDEZ  
SALVADOR MORALES ROJAS  
FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.  
1987
- 7.- CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO  
ING. ALVARO ORTIZ FERNANDEZ  
FUNDEC A.C.  
1986
- 8.- NORMA OFICIAL MEXICANA  
NOM-C-1-1980 CEMENTO PORTLAND  
NOM-C-30-1986 AGREGADOS, MUESTREO  
NOM-C-84-1983 PARTICULAS MAS FINAS QUE LA CRIBA P 0.075 POR MEDIO  
DE LAVADO

- NOM-C-77-1983 ANALISIS GRANULOMETRICO
- NOM-C-73-1983 MASA VOLUMETRICA
- NOM-C-88-1982 DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO.
- NOM-C-122-1982 AGUA PARA CONCRETO
- NOM-C-128-1982 DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO Y RELACION DE POISSON.
- NOM-C-155-1984 CONCRETO Premezclado
- NOM-C-156-1980 DETERMINACION DEL REVENIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO
- NOM-C-160-1976 ELABORACION Y CURADO EN OBRA DE ESPECIMENES DE CONCRETO.
- NOM-C-161-1974 MUESTREO DE CONCRETO FRESCO
- NOM-C-162-1976 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE, PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO.
- NOM-C-170-1986 REDUCCION DE LAS MUESTRAS DE AGREGADOS, OBTENIDAS EN CAMPO, AL TAMAÑO REQUERIDO PARA LAS PRUEBAS.
- NOM-C-164-1986 DETERMINACION DE LA MASA ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO.
- NOM-C-165-1984 MASA ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGUA DEL AGREGADO FINO.
- NOM-C-166-1983 CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD POR SECADO (AGREGADOS)
- NOM-C-191-1978 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGAS EN LOS TERCIOS DEL CLARO)
- NOM-C-299-1980 CONCRETO ESTRUCTURAL (AGREGADOS LIGEROS).