



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

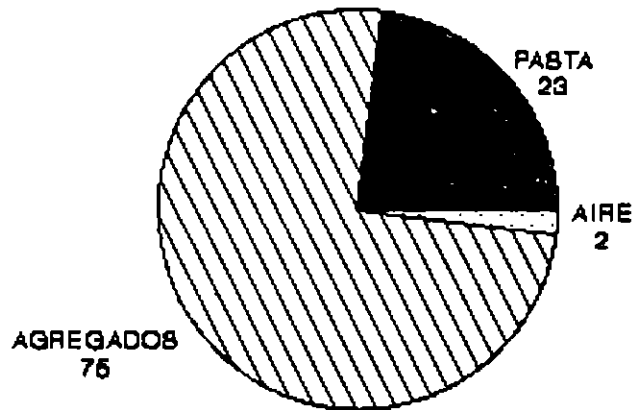
**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : PROPIEDADES DEL CONCRETO Y CONDICIONES DE
SERVICIO**

1996

CONCRETO COMPONENTES



IMOYO

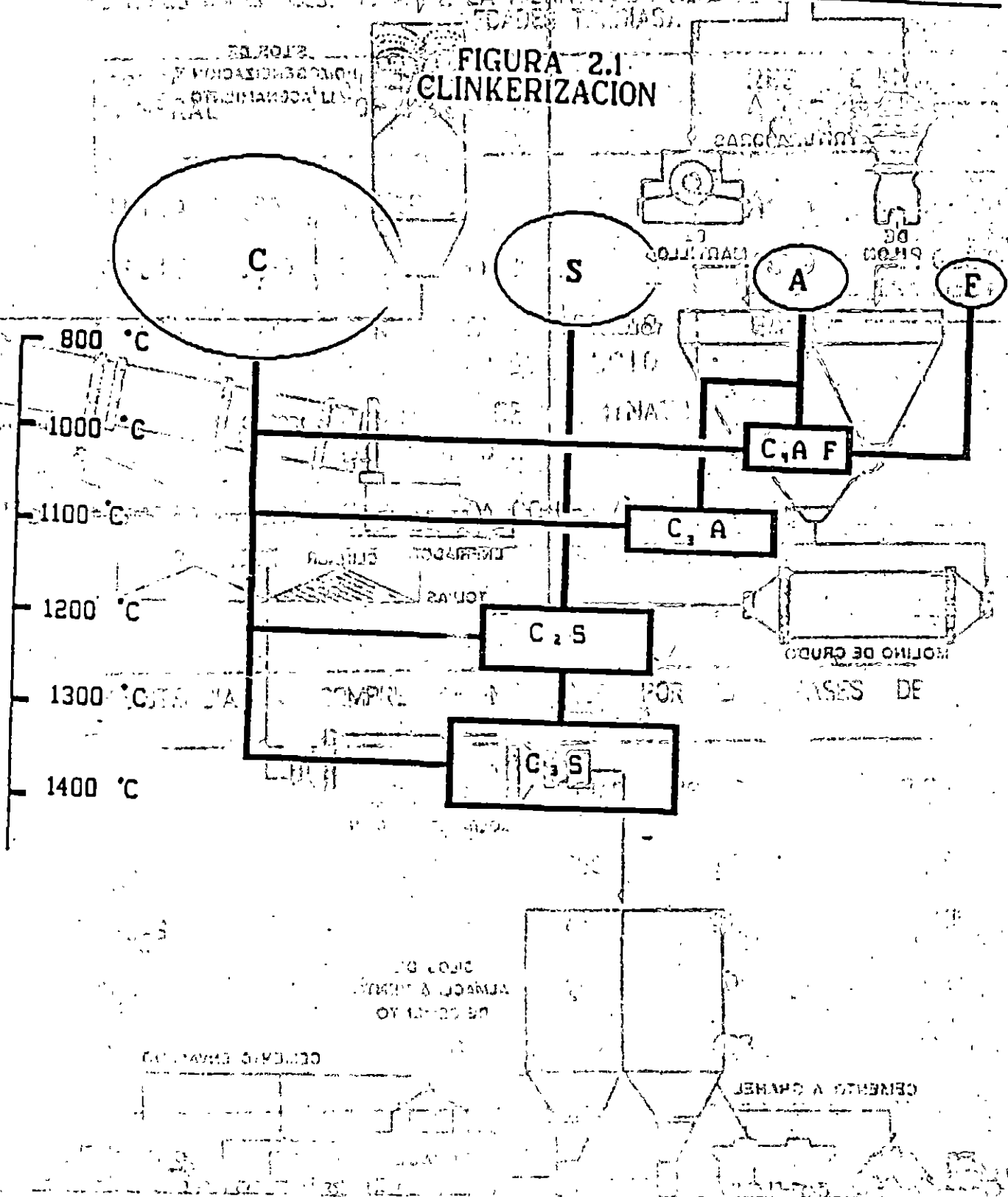
CEMENTO
AGUA
AGREGADO GRUESO
AGREGADO FINO
AIRE
ADITIVO

CAJERA
CARRERA

CAJERA
ASTILLO

AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

FIGURA 2.1
CLINKERIZACION



CALOR INVOLUCRADO A 21 °C, (cal/g).

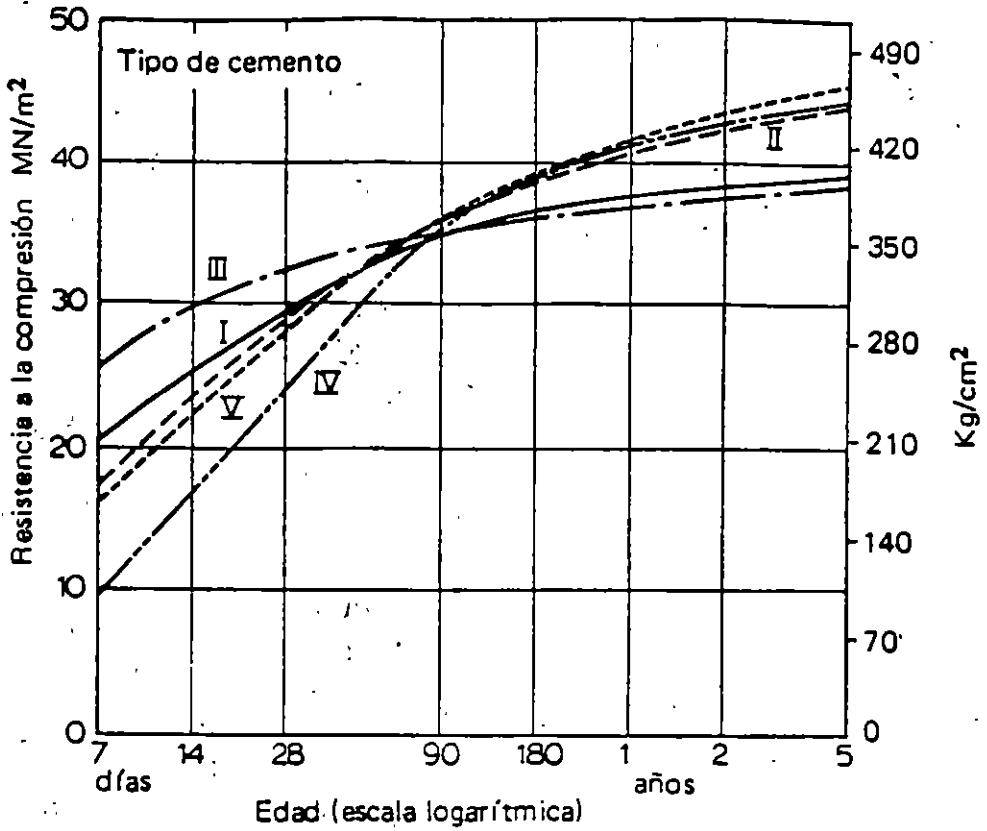
Compound	3 days	7 days	28 days	90 days	1 year	6½ years
3CaO . SiO ₂	58 ± 8	53 ± 11	90 ± 7	104 ± 5	117 ± 7	117 ± 7
2CaO . SiO ₂	12 ± 5	10 ± 7	25 ± 4	42 ± 3	54 ± 4	53 ± 5
3CaO . Al ₂ O ₃	212 ± 28	372 ± 39	329 ± 23	311 ± 17	279 ± 23	328 ± 25
4CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	69 ± 27	118 ± 37	118 ± 22	98 ± 16	90 ± 22	111 ± 24

CLASIFICACION DEL CEMENTO PORTLAND NOM-C-61

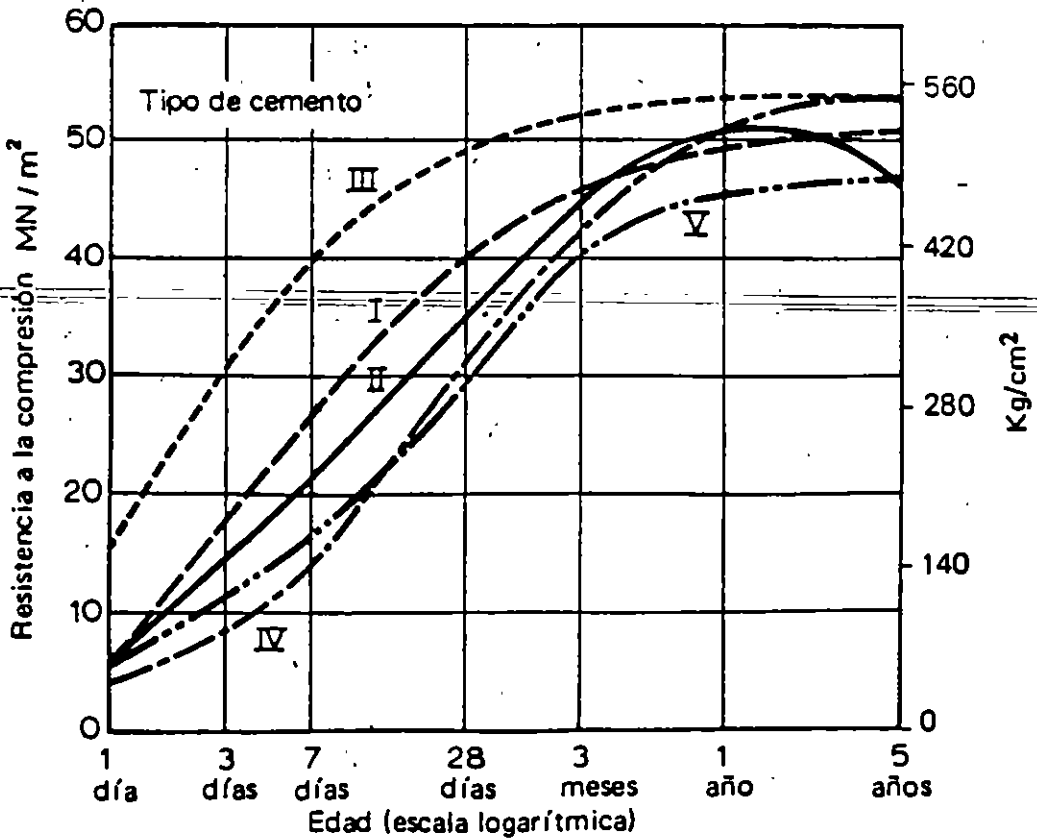
<u>TIPO</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>USO</u>
I	COMUN	GENERAL EN CONSTRUCCIONES DE CONCRETO CUANDO NO SE REQUIEREN LAS PROPIEDADES ESPECIALES DE LOS TIPOS II, III, IV, V.
II	MODIFICADO	PARA CONSTRUCCIONES DE CONCRETO EXPUESTAS A UNA ACCION MODERADA DE LOS SULFATOS O CUANDO SE REQUIERA UN CALOR DE HIDRATACION MODERADO.
III	RAPIDA RESISTENCIA ALTA	PARA LA ELABORACION DE CONCRETOS EN LOS QUE SE REQUIERE UNA ALTA RESISTENCIA A TEMPRANA EDAD.
IV	BAJO CALOR	CUANDO SE REQUIERE UN REDUCIDO CALOR DE HIDRATACION.
V	RESISTENCIA ALTA A LOS SULFATOS	CUANDO SE REQUIERE UNA ALTA RESISTENCIA A LA ACCION DE LOS SULFATOS.

VALORES TÍPICOS DE COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LOS COMPONENTES DE
 CEMENTO PORTLAND DE DIFERENTES TIPOS: (%)

CEMENTO TIPO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CS	CaO	MgO	Pc
I	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	1.2
II	46	29	6	12	2.8	0.6	3.0	1.0
III	56	15	12	8	3.9	1.3	2.6	1.9
IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	1.0
V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	1.0



Desarrollo de resistencia de concretos con 335 kg/m³, elaborados con cementos de distintos tipos.

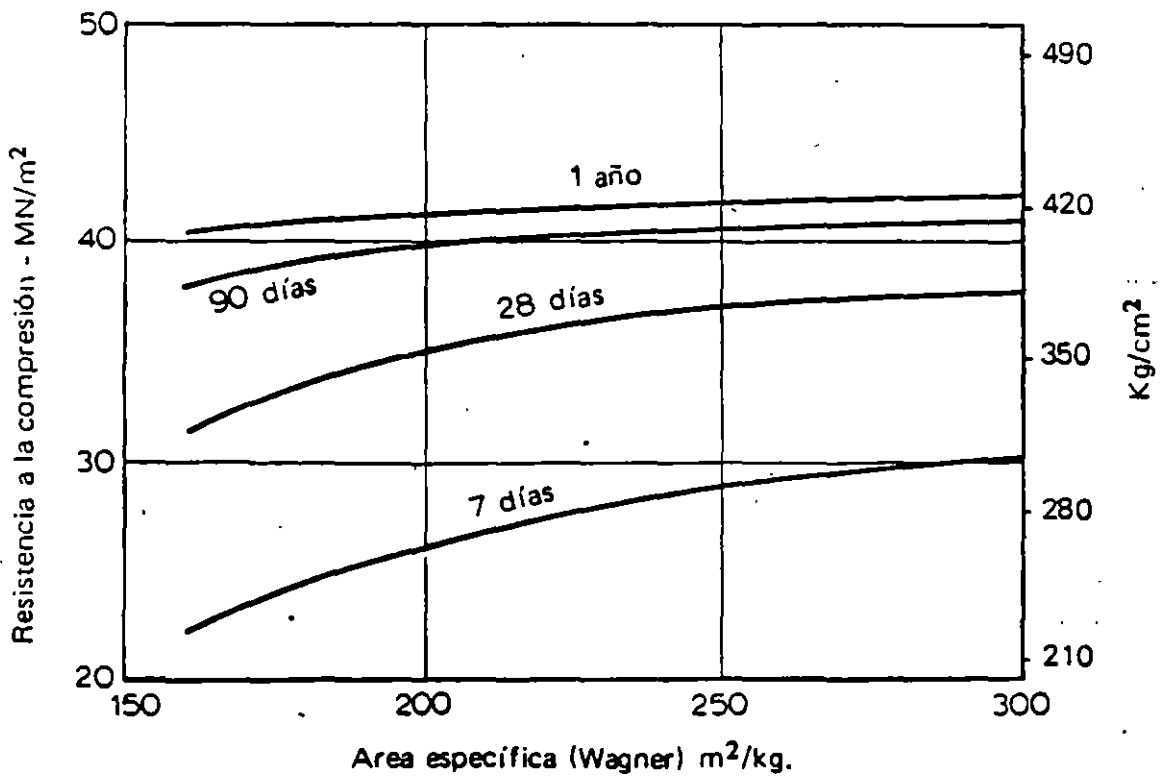


Desarrollo de resistencia de concretos con una relación agua/cemento de 0.49, elaborados con cementos de diferentes tipos.

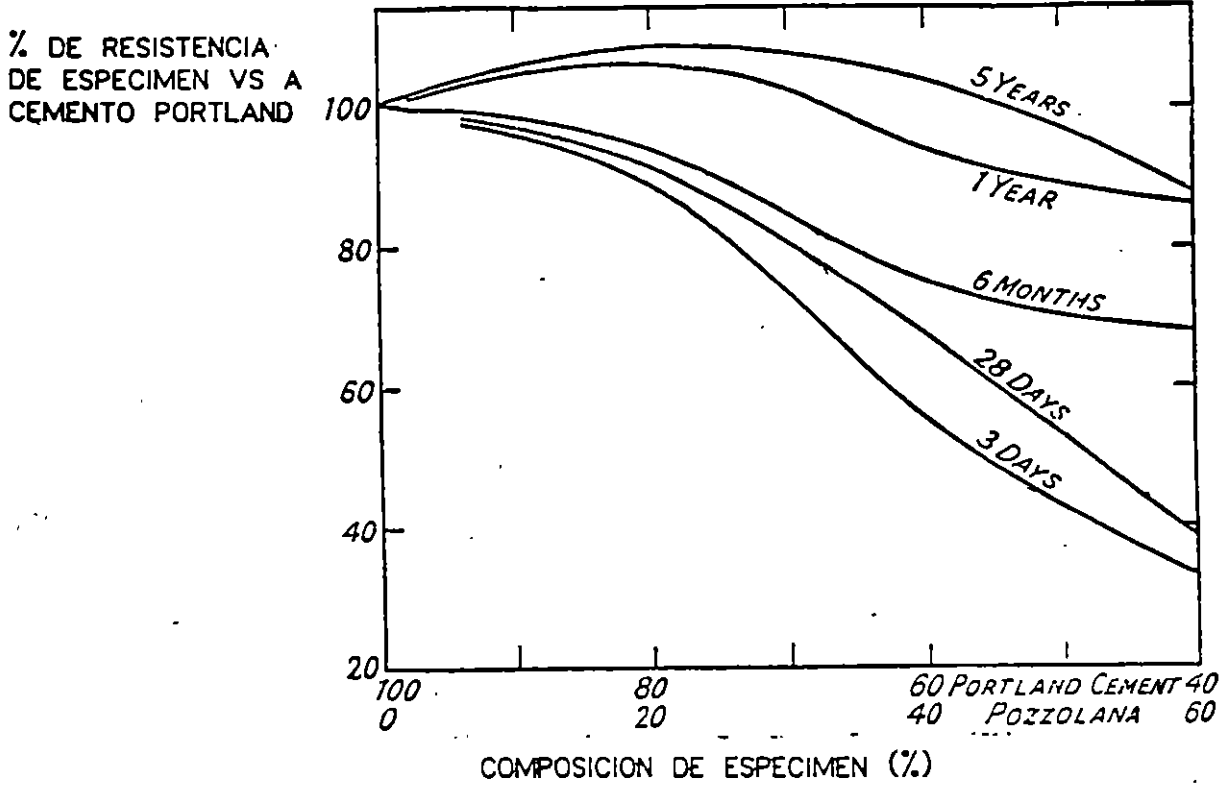
PROPIEDADES FISICAS DE LOS CEMENTOS PORTLAND.

CEMENTO TIPO	FINURA MÍNIMO (NOM-C-1) (cm^2/g)
I	2800
II	2800
III	-
IV	2800
V	2800

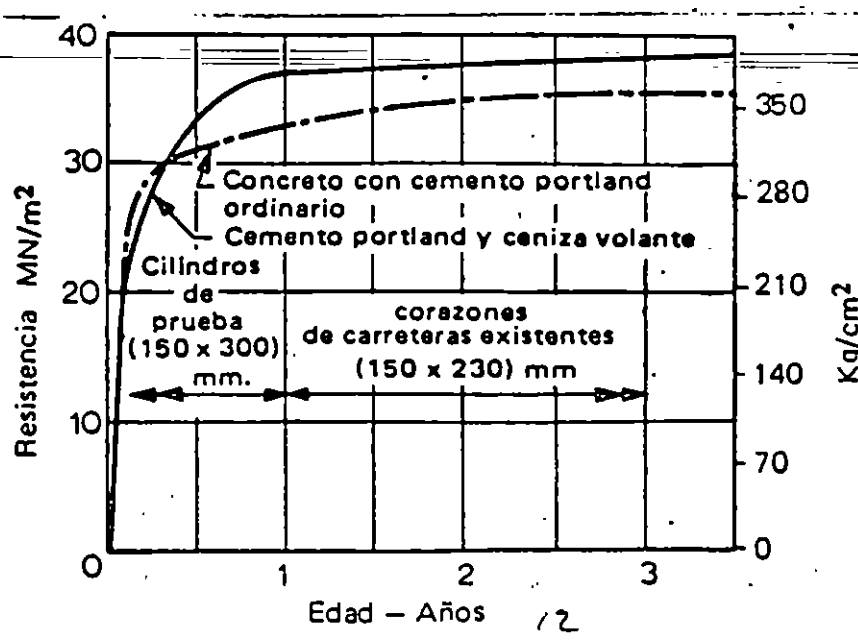
RELACION ENTRE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES Y LA FINURA DEL CEMENTO.



EFFECTO DE LA SUSTITUCION DE CEMENTO PORTLAND POR PUZOLANA SOBRE LA RESISTENCIA DE CONCRETOS 1 : 2 : 4 : 0.6 ALMACENADOS EN AGUA A 18°C



DESARROLLO DE RESISTENCIA DE UN CONCRETO HECHO CON CEMENTO PORTLAND Y CENIZA VOLANTE.

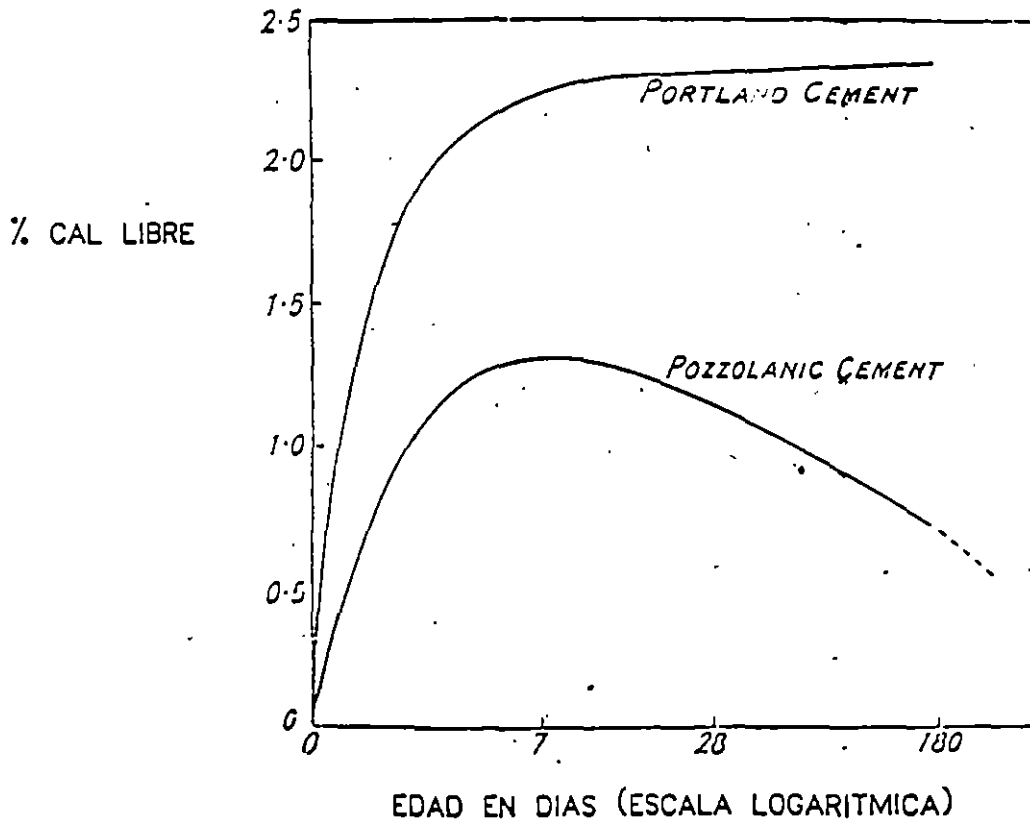


RESISTENCIA DE LOS CEMENTOS PUZOLANICOS AL ATAQUE QUIMICO.

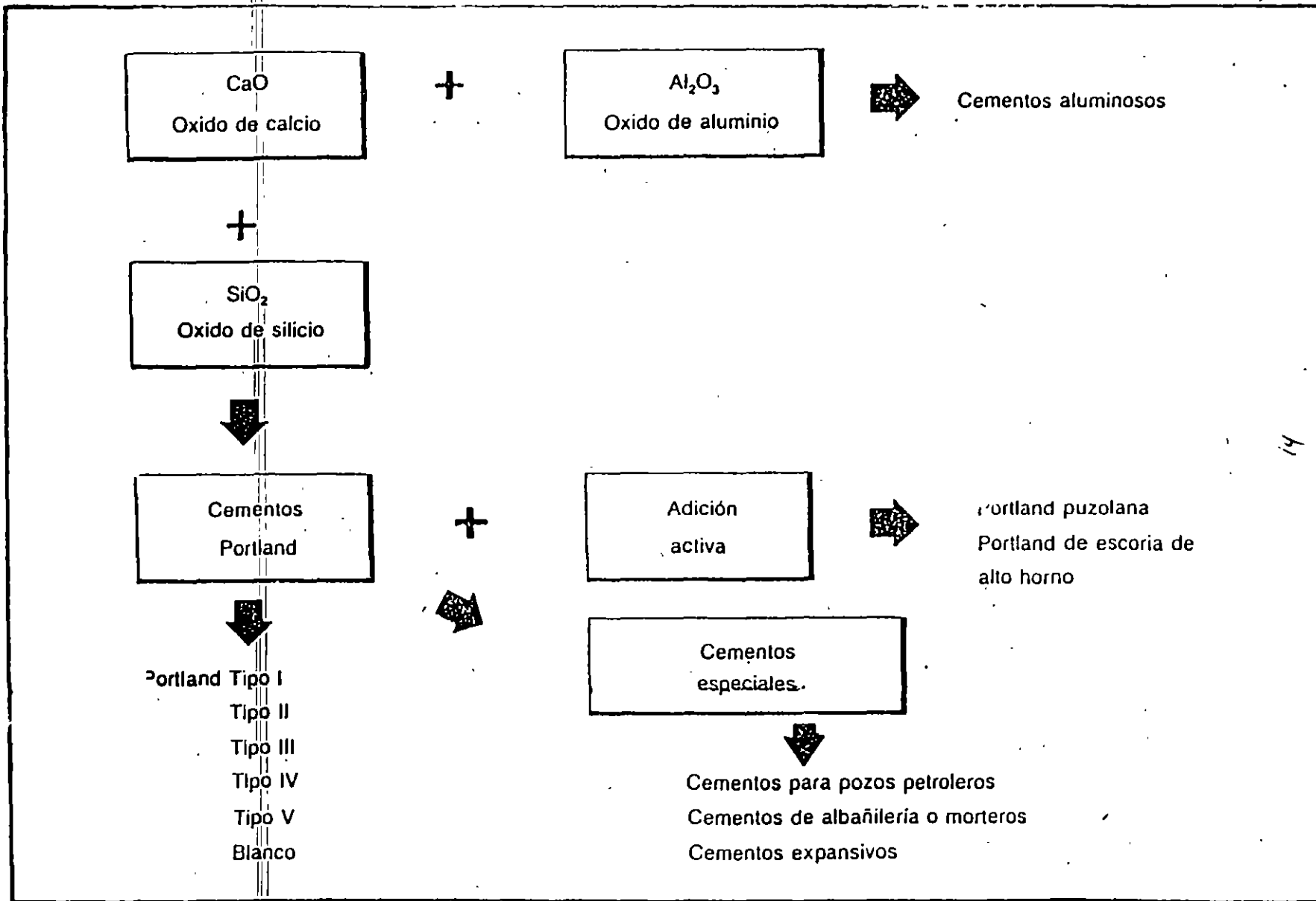
RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS.

LOS CEMENTOS PUZ-1 Y PUZ-2 PRESENTAN MAYOR RESISTENCIA AL ATAQUE DE LOS SULFATOS EN COMPARACION CON LOS CEMENTOS PORTLAND. EL INCREMENTO DE RESISTENCIA A LOS SULFATOS Y AL ATAQUE DE AGUA DE MAR HA SIDO SUJETO A DISCUSION, SE ATRIBUYE A LA REMOSION DEL HIDROXIDO DE CALCIO FORMADO EN LA HIDRATACION DE CEMENTO PORTLAND POR COMBINACION CON LAS PUZOLANAS.

CONTENIDO DE CAL LIBRE EN MORTERO 1:3 CEMENTO-ARENA.



LAFUMA**, SUGIERE QUE LA COMBINACION ENTRE UN COMPUESTO INSOLUBLE DE CEMENTO SOLIDO, Y UNA SUSTANCIA EN SOLUCION SIEMPRE CAUSA EXPANSION. ES BIEN CONOCIDO QUE LA SOLUBILIDAD DE (C_3AH) LOS HIDRATOS DE ALUMINATO QUE POSTERIORMENTE SE CREE REACCIONAN CON YESO, ES MUY BAJA EN SOLUCIONES CON CAL $(Ca(OH)_2)$ Y AL DISMILIR ESTA AUMENTA LA CONCENTRACION DE LOS HIDRATOS Y POR CONSIGUIENTE PRODUCIENDOSE ETRINGITA EN SOLUCION SIN PRODUCIR EXPANSION.



14

Fig. 1. Cementantes hidráulicos.

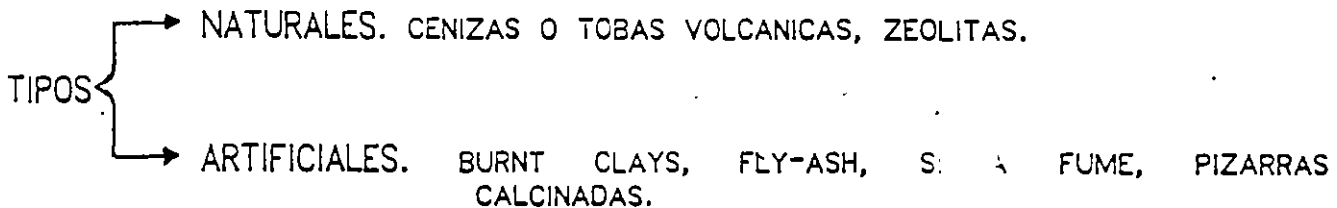
CEMENTOS PUZOLANICOS.

CEMENTO PUZOLANICO.

ES EL CONGLOMERADO HIDRAULICO, INTEGRADO POR LA MEZCLA INTIMA DE CEMENTO PORTLAND Y PUZOLANA, PUDIENDO ADICIONARSE ESCORIA GRANULADA DE ALTO HORNO Y SULFATO DE CALCIO. (NOM-C-2).

PUZOLANA.

MATERIAL SILICEO O SILICO-ALUMINOSO, QUE EN SI POSEE POCO O NINGUN VALOR CEMENTANTE, PERO QUE FINAMENTE MOLIDO Y EN PRESENCIA DE HUMEDAD REACCIONA QUIMICAMENTE CON EL HIDROXIDO DE CALCIO A TEMPERATURA ORDINARIA, PARA FORMAR COMPUESTOS CON PROPIEDADES CEMENTANTES.



CLASIFICACION DE LOS CEMENTOS PORTLAND PUZOLANA

TIPO	APLICACIONES
PUZ-1	PARA USO EN CONSTRUCCIONES DE CONCRETO EN GENERAL.
PUZ-2	PARA USO EN CONSTRUCCIONES DE CONCRETO EN DONDE NO SON REQUERIDAS RESISTENCIAS ALTAS A EDADES TEMPRANAS.

CARACTERISTICAS DE LOS CEMENTOS PUZOLANICOS:

DEPENDEN DEL TIPO DE CLINKER CON EL CUAL SON FABRICADOS, TENIENDO LAS CARACTERISTICAS DEL MISMO, SIN EMBARGO ESTAS SE VEN ATENUADAS, DEBIDO A QUE AL PRINCIPIO DE LA HIDRATACION LA PUZOLANA ACTUA COMO INERTE Y POR CONSIGUIENTE DISMINUYENDO LA RESISTENCIA INICIAL, NO OBSTANTE A EDADES TARDIAS AUMENTA LA RESISTENCIA DE ESTE TIPO DE CEMENTO, AL FORMAR PRODUCTOS SIMILARES A LOS DEL CEMENTO.

RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETOS CON CEMENTO PUZOLANICO
 RELACION 1:2:4, W/(C + P) = 0.60, CILINDROS DE 8 x 4 PULGADAS Y
 CURADOS EN AGUA A 18 C. (lb/in²)

CEMENTO	3 DIAS	28 DIAS	6 MESES	1 AÑO	5 AÑO
100 % C. P. A	1210	3345	4400	4560	5540
60 % C.P.A Y 40 % PUZOLANA BUENA	660	2230	3535	4290	5790
60 % C.P.A Y 40 % DE PUZOLANA POBRE	670	2000	3090	3345	4230

C-CEMENTO
 P-PORTLAND
 A-TIPO ESPECIFICO DE CEMENTO.

MATERIALES PARA CONCRETO

- CEMENTO. FABRICACION. TIPO DE CEMENTO EMPLEADO.
- AGUA. RELACION AGUA/CEMENTO. AGUA POTABLE Y AGUA TRATADA-INFLUENCIA SOBRE LA RESISTENCIA.
- AGREGADO FINO. INFLUYE EN LA CONTRACCION Y DEMANDA DE AGUA DE MORTERO, PLASTICIDAD, ACABADO, UNIFORMIDAD, IMPEDIMENTO DE SEGREGACION DEL CONCRETO.
IMPORTANCIA DE LA GRANULOMETRIA, TAMAÑO, FORMA, TEXTURA DE LAS SUPERFICIES DE LAS PARTICULAS.

- TIPOS DE ARENA.

{	ARENA NATURAL.
}	ARENA MANUFACTURADA.

-ARENA NATURAL . MATERIAL GRANULAR FINO RESULTANTE DE LA DESINTEGRACION NATURAL DE LA ROCA, O DE LA TRITURACION DE ARENISCA QUEBRADIZA (ASTM).

-ARENA MANUFACTURADA. MATERIAL FINO QUE RESULTA DE LA TRITURACION Y CLASIFICACION (CRIBADO U OTROS MEDIOS) DE ROCA, GRAVA O ESCORIA DE ALTO HORNO.

LA ARENA DEBE PASAR LAS PRUEBAS DE ESTANDAR DE CONSISTENCIA, IMPUREZAS ORGANICAS Y MATERIALES DELETEROS QUE PUDIERAN REACCIONAR DESFAVORABLEMENTE CON LOS ALCALIS DEL CEMENTO.

-MODULO DE FINURA (MF). ES UN INDICE PROPORCIONAL AL TAMAÑO PROMEDIO DE LAS PARTICULAS DEL AGREGADO EN PRUEBA.

-PRUEBAS DE IMPUREZAS. CONTENIDO DE: GREDAS, ARCILLAS, MICA Y MATERIA ORGANICA. PARA CONCRETO, MAXIMO 3% DE GREDAS.
(PARTICULAS DELEZNABLES).

-AGREGADO GRUESO: GRAVA Y GRAVA TRITURADA. PIEDRA TRITURADA. ESCORIA DE ALTO HORNO ENFRIADA POR AIRE.

FORMA, TAMAÑO Y CONSISTENCIA DE LAS PARTICULAS, INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA, TRABAJABILIDAD, AREA ESPECIFICA.

A MAYOR TAMAÑO DEL AGREGADO, IMPLICA UTILIZAR MENOR ARENA, CEMENTO Y AGUA PARA UN REVENIMIENTO. Y RESISTENCIA DETERMINADA. TAMAÑO RECOMENDABLE 3/4-1 PULGADA.

-PRUEBA REACTIVIDAD ALCALI-AGREGADO. FACTOR IMPORTANTE EN LA DURACION DEL CONCRETO.
ANALISIS QUE INFORMA LA EXISTENCIA DE REACCIONES DESFAVORABLES CON LOS COMPONENTES DEL CEMENTO.

-PRUEBAS DE ADSORCION. DIFERENCIA DE PESOS ENTRE MUESTRA NORMAL Y SECA .

PROMEDIO DE ADSORCION ARENA 0-2 % EN PESO, PARA GRAVA NO MAYOR DE 1 %.

GRAN POROSIDAD Y ADSORCION DE AGREGADOS REDUCE LA DURABILIDAD DEL CONCRETO. EFECTO DEBIDO A CONGELAMIENTO Y DESHIELO.

T A B L A 2
 PRINCIPALES PRUEBAS A LOS AGREGADOS
 PARA CONCRETO

Prueba	Especificacion
Colorimetria.	A S T M C 40
Intemperismo	A S T M C 88
Perdidas por lavado	A S T M C 117
Piezas planas y/o alargadas	C R D C 119
Particulas ligeras	A S T M C 123
Densidad y absorcion de grava	A S T M C 127
Densidad y absorcion de arena	A S T M C 128
Abrasion de agregado grueso hasta 1 1/2"	A S T M C 131
Abrasion de agregado grueso hasta 3"	A S T M C 535
Granulometria	A S T M C 136
Dureza al rayado	A S T M C 851
Humedad en arena y grava	A S T M C 566

T A B L A 1

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS QUE INCIDEN EN LAS
PROPIEDADES DEL CONCRETO

Propiedades del concreto	Características de los agregados
Durabilidad	Composicion mineralogica
Resistencia	Textura superficial
Cambio de volumen	Dureza
Peso especifico	Modulo de elasticidad
Modulo de elasticidad.	coeficiente de dilatacion termica
Resistencia al desgaste	Resistencia a la tension
Dosificacion	Particulas friables
Trabajabilidad	Absorcion
Bombeabilidad	Permeabilidad
Acabado del concreto	Estructura de los poros
Tiempo de fraguado	Estabilidad de volumen
Exudacion	Granulometria
Economia	Tamano maximo
	Finos
	Forma
	Estabilidad quimica
	Sales solubles
	Adherencia en los granos
	Particulas de arcilla
	Materia organica
	Sensibilidad al agua
	Solubilidad en agua.

11.2 Acero

El acero de refuerzo y especialmente el de presfuerzo y los ductos de postensado deben protegerse durante su transporte, manejo y almacenamiento.

Inmediatamente antes de su colocación se revisará que el acero no haya sufrido algún daño, en especial después de un largo periodo de almacenamiento. Si se juzga necesario, se realizarán ensayos en el acero dudoso.

Al efectuar el colado el acero debe estar exento de grasas, aceites, pinturas, polvo, tierra, oxidación excesiva y cualquier sustancia que reduzca su adherencia con el concreto.

No deben doblarse barras parcialmente ahogadas en concreto, a menos que se tomen las medidas para evitar que se dañe el concreto vecino.

Todos los dobleces se harán en frío, excepto cuando el corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director de Obra, cuando no se requiera de corresponsable, permita calentamiento, pero no se admitirá que la temperatura del acero se eleve a más de la que corresponde a un color rojo café (aproximadamente 530°C) si no está tratado en frío, ni a más de 400°C en caso contrario. No se permitirá que el enfriamiento sea rápido.

Los tendones de presfuerzo que presenten algún doblez concentrado no se deben tratar de enderezar, sino que se rechazarán.

El acero debe sujetarse en su sitio con amarres de alambre, silletas y separadores, de resistencia y en número suficiente para impedir movimientos durante el colado.

Antes de colar debe comprobarse que todo el acero se ha colocado en su sitio de acuerdo con los planos estructurales y que se encuentra correctamente sujeto.

Control en la obra

El acero de refuerzo ordinario se someterá al control siguiente, por lo que se refiere al cumplimiento de la respectiva norma NOM.

Para cada tipo de barras (laminadas en caliente o torcidas en frío) se procederá como sigue:

De cada lote de 10 ton o fracción, formado por barras de una misma marca, un mismo grado, un mismo diámetro

y correspondientes a una misma remesa de cada proveedor, se tomará un espécimen para ensayo de tensión y uno para ensayo de doblado, que no sean de los extremos de barras completas; las corrugaciones se podrán revisar en uno de dichos especímenes. Si algún espécimen presenta defectos superficiales, puede descartarse y sustituirse por otro.

Cada lote definido según el párrafo anterior debe quedar perfectamente identificado y no se utilizará en tanto no se acepte su empleo con base en resultados de los ensayos. Estos se realizarán de acuerdo con la norma NOM B172. Si el porcentaje de alargamiento de algún espécimen en la prueba de tensión es menor que el especificado en la norma NOM B172, y además, alguna parte de la fractura queda fuera del tercio medio de la longitud calibrada, se permitirá repetir la prueba.

En sustitución del control en obra, el corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director de Obra, cuando no se requiera corresponsable, podrá admitir la garantía escrita del fabricante de que el acero cumple con la norma correspondiente; en su caso, definirá la forma de revisar que se cumplan los requisitos adicionales para el acero, establecidos en 5.1.

11.3

11.3.1 Materiales componentes

La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logren la resistencia, deformabilidad y durabilidad necesarias.

La calidad de los materiales componentes deberá verificarse al inicio de la obra, y también cuando exista sospecha de cambio en las características de los mismos, o haya cambio de las fuentes de suministro. Algunas de las propiedades de los agregados pétreos deberán verificarse con mayor frecuencia como se indica a continuación.

Coefficiente volumétrico de la grava Una vez por mes

Material que pasa la malla NOM F 0.075 (No. 200) en la arena y contracción lineal de los finos de ambos agregados Una vez por mes

La verificación de la calidad de los materiales componentes se realizará antes de usarlos, a partir de muestras.

tomadas del sitio de suministro o del almacén del productor de concreto.

A juicio del Corresponsable en Seguridad Estructural, o del Director de Obra, cuando no se requiera corresponsable, en lugar de esta verificación podrá admitirse

la garantía escrita del fabricante del concreto de que los materiales cumplen con los requisitos aquí señalados.

Los materiales pétreos, grava y arena, deberán cumplir con los requisitos de la norma NOM C 111, con las modificaciones y adiciones indicadas a continuación

Propiedad	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Coefficiente volumétrico de la grava, mín	0.20	—
Material más fino que la malla No 200, en la arena, porcentaje máx, en peso	15	15
Contracción lineal de los finos de los agregados (arena + grava) que pasan la malla No 40, a partir del límite líquido, porcentaje máx	2	3

Los límites anteriores pueden modificarse si se comprueba que con los nuevos valores se obtiene concreto que cumpla con los requisitos de módulo de elasticidad, contracción por secado y deformación diferida estableci-

dos en 11.3.3. En tal caso, los nuevos límites serán los que se apliquen en las verificaciones mensuales que se mencionan antes en el presente inciso.

11.3.2 Control del concreto fresco

Al concreto fresco se le harán pruebas de revenimiento y peso volumétrico. Estas pruebas se harán con la fre-

cuencia que se indica a continuación:

Prueba	Frecuencia	
	Premezclado	Hecho en obra
Revenimiento del concreto, muestreado en obra	Una vez por cada entrega de concreto	Una vez cada cinco revoluciones
Peso volumétrico del concreto fresco, muestreado en obra	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una por cada veinte metros cúbicos	Una vez por cada día de colado

El revenimiento será el mínimo requerido para que el concreto fluya a través de las barras de refuerzo o para que pueda ser bombeado en su caso, así como para lograr un aspecto satisfactorio. Los concretos que se compacten por medio de vibración tendrán un revenimiento nominal de 10 cm. Los concretos que se compacten por cualquier otro medio diferente al de vibración o se coloquen por medio de bomba tendrán un revenimiento nominal máximo de 12 cm.

Para incrementar los revenimientos antes señalados a fin de facilitar aún más la colocación del concreto, se podrá admitir el uso de aditivo superfluidificante. La aceptación del concreto en cuanto a revenimiento se hará previamente a la incorporación del mencionado aditivo,

comparando con los valores dados en el párrafo anterior, en tanto que las demás propiedades, incluyendo las del concreto endurecido, se determinarán en muestras de concreto que ya lo incluyan.

Esta prueba deberá efectuarse de acuerdo con la norma NOM C 156 y el valor determinado deberá concordar con el especificado con las siguientes tolerancias:

Revenimiento, cm	Tolerancia, cm
menor de 5	± 1.5
5 a 10	± 2.5
mayor de 10	± 3.5

El peso volumétrico del concreto fresco se determinará de acuerdo con la norma NOM C 162. El peso volumétrico del concreto clase 1 será superior a [redacted] y el de la clase 2 estará comprendido entre [redacted]

11.3.3 Control del concreto endurecido

La calidad del concreto endurecido se verificará mediante pruebas de resistencia a compresión en cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con las normas NOM C 159 y NOM C 83, en un laboratorio acreditado por el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP).

Cuando la mezcla de concreto se diseña para obtener la resistencia especificada a 14 días, las pruebas anteriores se efectuarán a esta edad; de lo contrario, las pruebas deberán efectuarse a los 28 días de edad.

Para verificar la resistencia a compresión, de concreto con las mismas características y nivel de resistencia, se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada cuarenta metros cúbicos de concreto. De cada muestra se fabricará y ensayará una pareja de cilindros.

Para el concreto clase 1, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada, f'_c , si ninguna pareja de cilindros da una resistencia media inferior a $f'_c - 35 \text{ kg/cm}^2$, y, además, si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres parejas consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores que f'_c .

Para el concreto clase 2, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada,

f'_c , si ninguna pareja de cilindros da una resistencia media inferior a $f'_c - 50 \text{ kg/cm}^2$, y, además, si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres parejas consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores que $f'_c - 17 \text{ kg/cm}^2$.

Cuando el concreto no cumpla con el requisito de resistencia, se permitirá extraer y ensayar corazones, de acuerdo con la norma NOM C 169, del concreto en la zona representada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán tres corazones por cada incumplimiento con la calidad especificada. La humedad de los corazones al probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

El concreto representado por los corazones se considerará adecuado si el promedio de las resistencias de los tres corazones es mayor o igual que $0.8 f'_c$, y si la resistencia de ningún corazón es menor que $0.7 f'_c$. Para comprobar que los especímenes se extrajeron y ensayaron correctamente, se permite probar nuevos corazones de las zonas representadas por aquellos que hayan dado resistencias erráticas. Si la resistencia de los corazones ensayados no cumple con el criterio de aceptación que se ha descrito, el Departamento del Distrito Federal puede ordenar la realización de pruebas de carga o tomar otras medidas que juzgue adecuadas.

Previamente al inicio del suministro de concreto, y también cuando haya sospecha de cambio en las características de los materiales componentes, o haya cambio en las fuentes de suministro de ellos, se verificará que el concreto que se pretende utilizar cumple con las características de módulo de elasticidad, contracción por secado y deformación diferida especificadas a continuación

	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Módulo de elasticidad a 28 días de edad, kg/cm^2 , mín	14000 $\sqrt{f'_c}$	10000 $\sqrt{f'_c}$
Contracción por secado después de 28 días de curado húmedo y 28 días de secado estándar, máx	[redacted]	[redacted]
Coefficiente de deformación diferida después de 28 días de curado y de 28 días de carga en condiciones de secado estándar, al 40 por ciento de su resistencia, máx	15	15

A juicio del Corresponsable en Seguridad Estructural, o del Director de Obra, cuando no se requiera Corresponsable, en lugar de esta verificación podrá admitirse la garantía escrita del fabricante del concreto de que este material cumple con los requisitos antes mencionados.

11.3.4 Transporte

Los métodos que se empleen para transportar el concreto serán tales que eviten la segregación o pérdida de sus ingredientes.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : PROPIEDADES MECANICAS DE LOS CONCRETOS
FABRICADOS EN EL DISTRITO FEDERAL**

1996

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS CONCRETOS
FABRICADOS EN EL DISTRITO FEDERAL

Carlos Javier Mendoza Escobedo (I)

RESUMEN

Se determinan las propiedades mecánicas de los concretos fabricados con agregados típicos del Distrito Federal y se establecen expresiones que permiten determinar las variaciones de las resistencias a compresión y tensión, del módulo de elasticidad, de la relación de Poisson, del módulo de rigidez por cortante, de la contracción por secado y de la deformación diferida, a través del tiempo. Se dan recomendaciones para obtener concretos con un mejor comportamiento en cuanto a estas propiedades.

INTRODUCCION

Los materiales pétreos empleados tradicionalmente en la ciudad de México para la fabricación de concreto, tienen características físicas que difieren de las especificadas en las normas relativas. Entre las discrepancias más notorias se pueden mencionar el peso específico, la absorción y el contenido de polvos. Lo anterior ha hecho que las propiedades de los concretos fabricados con estos agregados difieran de las alcanzadas en los concretos comunes.

Se ha observado que estos concretos, bajo condiciones de trabajo, presentan deformaciones y agrietamiento mayores que los usuales, haciéndose evidente, por estas y otras causas, la diferencia entre el comportamiento de los concretos característicos del Distrito Federal y los comunes.

PROPIEDADES MECANICAS

Materiales componentes. En este trabajo se incluyen los resultados alcanzados con gravas y arenas andesíticas, comunes en el D.F. Se estudian dos tipos de arenas, cuya diferencia básica estriba en el contenido de polvos (material más fino que la malla 200).

Tanto las gravas como las arenas tienen peso específico bajo y absorción alta, ~~lo que hace que los concretos fabricados con estos materiales sean muy deformables, a corto y a largo plazos.~~

En la fabricación de los concretos se empleó cemento Portland tipo I y no se usó aditivo alguno.

Concreto en estado fresco. Con los materiales antes descritos se hicieron proporcionamientos para resistencias nominales de 200, 300 y 400 kg/cm². En todos los casos se usó un factor de sobrediseño de 50 kg/cm². En las mezclas con resistencias nominales de 200 y 300 kg/cm² se buscó un revenimiento de 10 cm y para la de 400 kg/cm², uno de 5 cm. Una de las mezclas de 300 kg/cm² tuvo revenimiento teórico de 12 cm, para cubrir los casos de concretos con características

adecuadas para ser transportado por medio de bombas.

Resistencia a compresión. Las edades de prueba fueron 7, 28, 90, 360 y 1825 días; cada resultado representa el promedio del ensaye de tres especímenes compañeros. En la fig 1 se plantea la correlación que permite predecir la resistencia a compresión a cualquier edad en función de la alcanzada a los 28 días. Cabe mencionar que los incrementos de resistencia con la edad fueron mayores en aquellos concretos con menos polvo. La expresión sugerida resulta ser:

$$f_c = \frac{t}{8.4 + 0.7t} f'_c, \text{ en kg/cm}^2$$

Resistencia a tensión. Se hicieron especímenes cilíndricos para ensayarlos a tensión por medio de la prueba indirecta, así como vigas para determinar el módulo de rotura. Las expresiones que correlacionan las resistencias a tensión y compresión resultan ser:

Tensión indirecta, fig 2 ; por flexión, fig 3

$$f_t = 1.47 \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2 \quad f_f = 1.81 \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2$$

Módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad se obtuvo a partir de las gráficas esfuerzo-deformación de especímenes ensayados a compresión. Se usó el criterio de módulo secante. Por cada mezcla de concreto estudiada se hicieron tres ensayos, siendo los valores reportados el promedio alcanzado en estas determinaciones. La expresión propuesta para determinar el módulo de elasticidad a partir de la resistencia a compresión es, fig 4

$$E_c = 8500 \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2$$

Relación de Poisson. Esta se obtuvo del ensaye a 28 días de especímenes cilíndricos de concreto de diferentes resistencias. En la fig 5 se observa que la relación de Poisson varía con la resistencia y que se puede relacionar con ésta con la expresión

$$\mu = 0.22 + 0.00026 f'_c$$

habiendo alcanzado un valor medio de 0.30, superior al intervalo usual recomendado para el concreto (0.15 - 0.20).

Módulo de rigidez por cortante. Con los valores de módulos de elasticidad y relación de Poisson conocidos, se pueden estimar el módulo de rigidez por cortante. Para los concretos de agregados andesíticos resultó ser

$$G = 3300 \sqrt{f'_c}, \text{ en kg/cm}^2$$

Deformación unitaria (ϵ_0) correspondiente al esfuerzo máximo. El valor de esta deformación también se ve afectado por el nivel de resistencia que se alcance en el concreto, por lo que se puede correlacionar con ella con la expresión siguiente, fig 6

$$\epsilon_0 = 0.003 + 2.8 \times 10^{-6} f'_c$$

Los resultados de los ensayos condujeron a un valor medio de esta deformación (ϵ_0)

igual a 0.0044.

La curva esfuerzo-deformación del concreto bajo cargas de compresión, puede representarse en forma adecuada con la expresión

$$f_c = \frac{2f'_c}{\epsilon_0 \left[1 + \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} \right)^2 \right]}, \text{ en kg/cm}^2$$

Contracción por secado. La rapidez con que se presenta la contracción de los concretos andesíticos, varía de acuerdo con el contenido de polvos que se tenga en los materiales componentes, sin embargo, la contracción última se puede estimar del mismo orden para los dos casos e igual $(\epsilon_{cs})_u = 0.001$, para los proporcionamientos usuales y las condiciones ambientes de la ciudad de México, fig 7. Las expresiones que permiten estimar el valor de la contracción para una edad cualquiera se indican a continuación:

Concretos andesíticos con exceso de polvos (del orden del 20%)

$$(\epsilon_{cs})_t = \frac{t^{0.88}}{51 + t^{0.88}} \times 0.001$$

Concretos andesíticos con pocos polvos (del orden del 8%)

$$(\epsilon_{cs})_t = \frac{t}{53 + t} \times 0.001$$

en ambos casos t debe expresarse en días.

Deformación diferida. Esta deformación se estimó en función del coeficiente de deformación diferida (C_t), el cual es igual $C_t = \frac{\epsilon_t - \epsilon_i}{\epsilon_i}$, siendo ϵ_t , la deformación unitaria alcanzada en un tiempo t y ϵ_i , la deformación unitaria inicial al aplicar el esfuerzo de compresión, igual a 40 por ciento del esfuerzo máximo.

El valor del coeficiente último (C_u), estimado para un tiempo infinito, para los ~~proporcionamientos usuales y para las condiciones ambientes de la ciudad de~~ México, variarán de acuerdo con el contenido de polvos observados en los materiales componentes, fig 8. Las expresiones encontradas para calcular el valor de este coeficiente para un tiempo cualquiera t, en días, se indican a continuación:

Concretos andesíticos con exceso de polvos (del orden del 20%)

$$C_t = \frac{t^{0.60}}{10 + t^{0.60}} \times 4$$

Concretos andesíticos con pocos polvos (del orden del 8%)

$$C_t = \frac{t^{0.55}}{11 + t^{0.55}} \times 2.5$$

Los cementos a que se refiere esta Norma deben satisfacer los requisitos químicos que se anotan en la TABLA de acuerdo con su tipo:

TABLA 1 ESPECIFICACIONES QUIMICAS

COMPUESTOS Y CARACTERISTICAS	TIPO				
	I	II	III	IV	V
Oxido de silicio (SiO_2), mín %	—	21.0	—	—	—
Oxido de aluminio (Al_2O_3), máx %	—	6.0	—	—	—
Oxido férrico (Fe_2O_3), máx %	—	6.0	—	6.5	—
Oxido de magnesio (MgO), máx %	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Anhidrido sulfúrico (SO_3), máx % Cuando ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) es 8% o menor	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
Cuando ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) es mayor de 8%	3.5	—	4.5	—	—
Pérdida de calcinación, máx %	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residuo insoluble, máx %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), máx % (ver inciso 5.1.1)	—	—	—	35	—
Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), mín % (ver inciso 5.1.1)	—	—	—	40	—
Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), máx % (ver 5.1.1)	—	8	15	7	5
Aluminoferrito tetracálcico más dos veces el aluminato tricálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$) o solución sólida ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) máx % (ver inciso 5.1.1)	—	—	—	—	—

especificaciones Químicas Opcionales

Los requisitos opcionales de la TABLA 2 serán aplicables sólo en el caso de que el comprador así lo especifique, considerándose entonces el cemento como especial y sujeto a previo acuerdo entre comprador y fabricante.

TABLA 2 - ESPECIFICACIONES QUIMICAS OPCIONALES

CARACTERISTICA	TIPO					OBSERVACIONES
	I	II	III	IV	V	
Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), máx % (ver 5.1.1)	—	—	8	—	—	Para resistencia moderada a los sulfatos
Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), máx % (ver 5.1.1)	—	—	5	—	—	Para alta resistencia a los sulfatos
Suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico, máx % (ver 5.1.1)	—	58 (ver) 5.1.3.1	—	—	—	Para calor de hidratación moderado
Alcalis totales ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$), máx %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	Cemento de bajo contenido de alcalis

Este valor límite se aplica cuando se requiere calor de hidratación moderado y no se solicite la determinación del calor de hidratación.

Contracción por secado en condición estándar. Tomando en cuenta los coeficientes determinados con los resultados de los ensayos y las modificaciones en la contracción última para ponerla en condición estándar, se recomienda emplear las siguientes expresiones para la estimación de la contracción por secado a cualquier edad:

Grava andesítica y arena andesítica con exceso de polvos

$$\epsilon_t = \frac{t^{0.88}}{51 + t^{0.88}} \times 0.0013$$

Grava andesítica y arena andesítica con pocos polvos

$$\epsilon_t = \frac{t}{53 + t} \times 0.0013$$

En estas expresiones el valor de t se debe tomar como el número de días después de la suspensión del curado húmedo y el valor de la contracción determinada se debe afectar por los factores de corrección para tomar en cuenta las características del concreto de que se trate y las condiciones del medio ambiente, fig 9.

Deformación diferida última en condición estándar. Entre las variables que mayor influencia tuvieron en los valores de los coeficientes de deformación diferida última están la edad a la que se aplica la carga, la humedad relativa, y el revenimiento, los cuales incrementaron los valores alcanzados en los ensayos.

El coeficiente de deformación diferida en condición estándar para cualquier edad (en días) se puede determinar con las siguientes expresiones:

Grava andesítica y arena andesítica con exceso de polvos

$$C_t = \frac{t^{0.60}}{10 + t^{0.60}} \cdot 5.65$$

Grava andesítica y arena andesítica con pocos polvos

$$C_t = \frac{t^{0.55}}{11 + t^{0.55}} \cdot 3.12$$

Al igual que en la contracción por secado los coeficientes calculados para la deformación diferida, deberán ser afectados por los factores de corrección para tomar en cuenta las características particulares de los concretos empleados y las condiciones del medio ambiente en que se encuentran, fig 9.

CONCLUSIONES

1. El empleo de agregados de baja densidad y alta absorción, como los andesíticos, en la fabricación de concretos, conduce a obtener concretos con deformaciones mayores que las usuales.
2. Dadas las discrepancias encontradas entre las expresiones usuales y las

determinadas en este estudio para estimar la resistencia del concreto así como sus deformaciones a corto y largo plazos, se requiere modificar los parámetros usados convencionalmente en los diseños estructurales para obtener mejor concordancia entre el comportamiento estimado en el diseño y el alcanzado en las estructuras reales.

3. La contracción por secado registrada fue inversamente proporcional al contenido de agregado grueso en la mezcla y directamente proporcional al contenido de polvos en las arenas utilizadas y al revenimiento de las mezclas utilizadas.
4. Para un mismo tipo de agregado grueso el empleo de arenas con muchos finos incrementa notoriamente el coeficiente de la deformación diferida. Este coeficiente también aumentará en forma apreciable al incrementarse el revenimiento del concreto.

RECOMENDACIONES

En relación con los materiales pétreos se buscará, por una parte, emplear agregados gruesos que presenten la mayor densidad posible y agregados finos con el menor contenido de polvos que sea factible desde el punto de vista económico. Estas dos características conducirán a obtener concretos, para una resistencia dada, con mayor módulo de elasticidad y, por tanto, con menor deformación instantánea, menor contracción por secado, porque hay mayor restricción a estas deformaciones, y menor deformación diferida.

En cuanto a las mezclas de concreto se emplearán aquellas con mayor contenido de agregado grueso compatible con la trabajabilidad de la misma. Lo anterior conducirá a menores consumos de agua lo que a su vez se traduce en menor contenido de vacíos y por tanto mayores resistencias relativas, menores deformaciones y contracciones, así como menor deformación diferida.

La resistencia a tensión por flexión del concreto es usual valorarla como $2\sqrt{f'_c}$ (ACI 318, RDF), sin embargo, los resultados de los ensayos efectuados con los concretos andesíticos dan resistencias a la tensión ligeramente menores, por lo que se sugiere tomar en cuenta esta discrepancia empleando la expresión propuesta.

En relación con el módulo de elasticidad estático, las expresiones propuestas por los diferentes reglamentos de construcción (ACI 318, RDF) sobrestiman los valores alcanzados con los concretos andesíticos, por lo que se recomienda emplear la expresión propuesta en este trabajo para predecir las deformaciones a corto plazo de las estructuras hechas con este material.

Al igual que los otros parámetros la relación de Poisson y el módulo de rigidez por cortante determinados para el concreto andesítico, difieren de los valores usualmente empleados, por lo que para estimar mejor el comportamiento de estos concretos conviene emplear los valores sugeridos.

La deformación correspondiente al esfuerzo máximo es usual considerarla igual a 0.003, sin embargo, el resultado de los ensayos indican que esta deformación alcanza un valor promedio de 0.0044.

En relación con las deformaciones a largo plazo, tanto las originadas por la contracción como por la deformación diferida, pueden estimarse con buena precisión con los coeficientes determinados de los resultados de los ensayos, sin requerirse de correcciones por características del material y medio ambiente del Distrito Federal, dado que los concretos empleados son característicos de los usuales en el área metropolitana de la ciudad de México, y las condiciones de curado representan también las usuales en esta área.

Cuando las características del concreto y las condiciones del medio ambiente varían, haciendo no aplicables directamente los resultados de los ensayos, se recomienda emplear los valores sugeridos para características y condiciones estándar y hacer todas las correcciones necesarias para adecuar los coeficientes a las circunstancias de cada caso en particular, de acuerdo con los factores de corrección indicados en la fig 9.

Como las deformaciones y agrietamientos alcanzados a largo plazo en los concretos característicos del D.F. son mucho mayores que los esperados usualmente, se deben tomar en el diseño las precauciones necesarias para restringir estos efectos con el acero de refuerzo u otros medios adecuados.

REFERENCIAS

1. Mendoza, C.J. "Estudio de las propiedades a largo plazo de los concretos en el Distrito Federal" Informe elaborado para la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, enero 1984
2. Neville, A.M. "Properties of Concrete" Pitman Publishing LTD, London, 1975
3. ACI Committee 209 "Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures", ACI Publication SP-27.

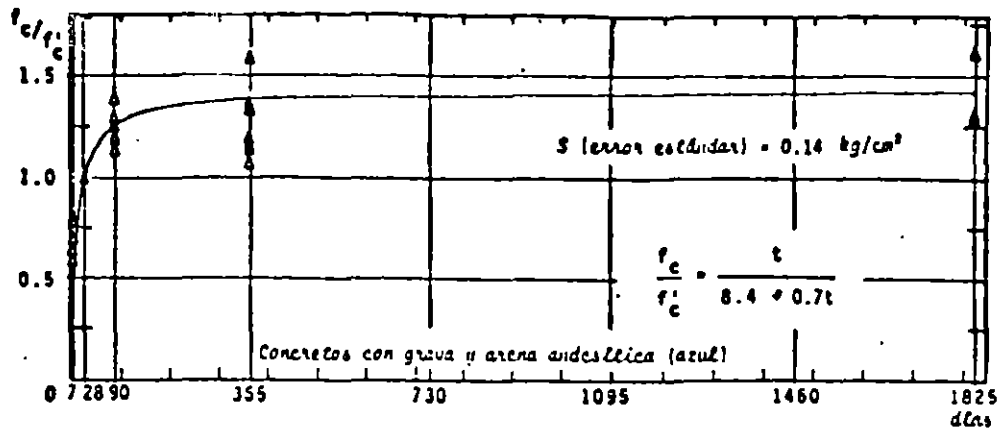


Fig 1 Variación de la resistencia a compresión con el tiempo

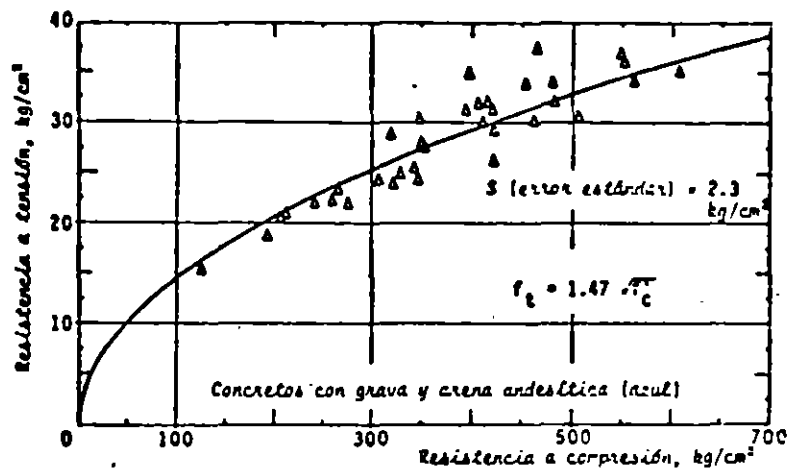


Fig 2 Resistencia a tensión - compresión diametral

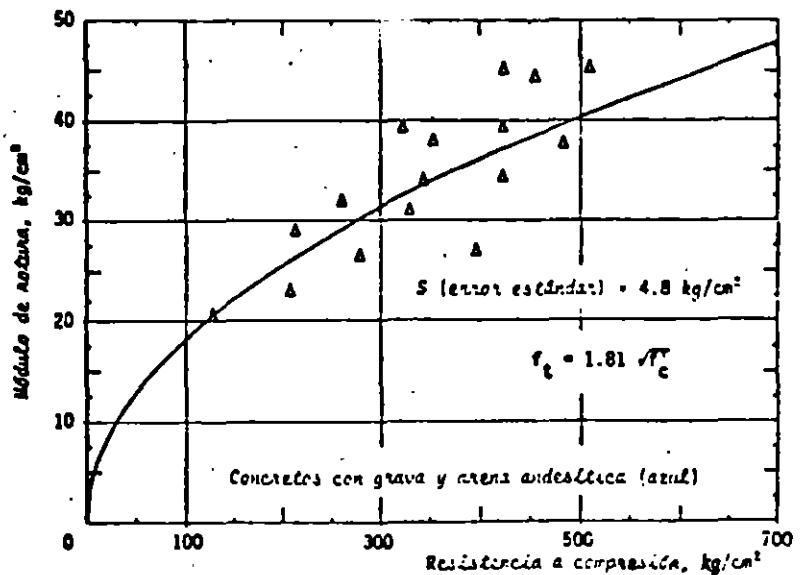


Fig 3 Resistencia a tensión por flexión

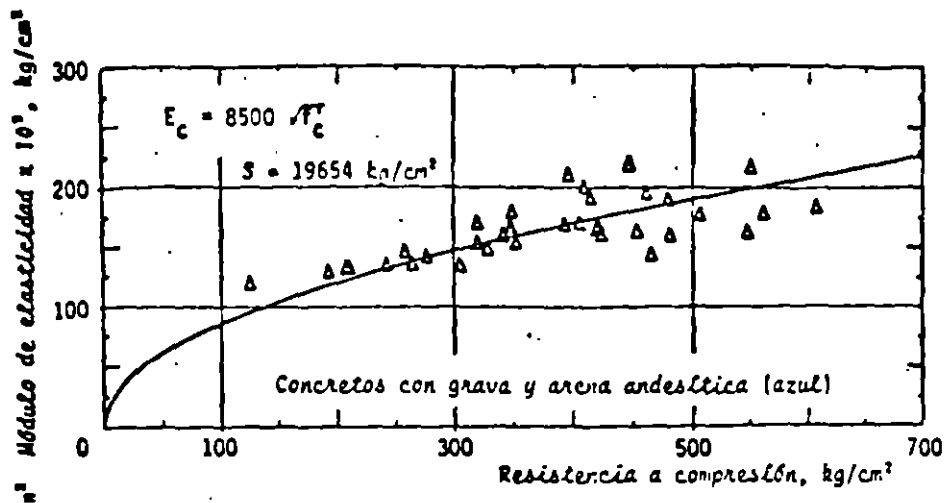


Fig 4 Módulo de elasticidad

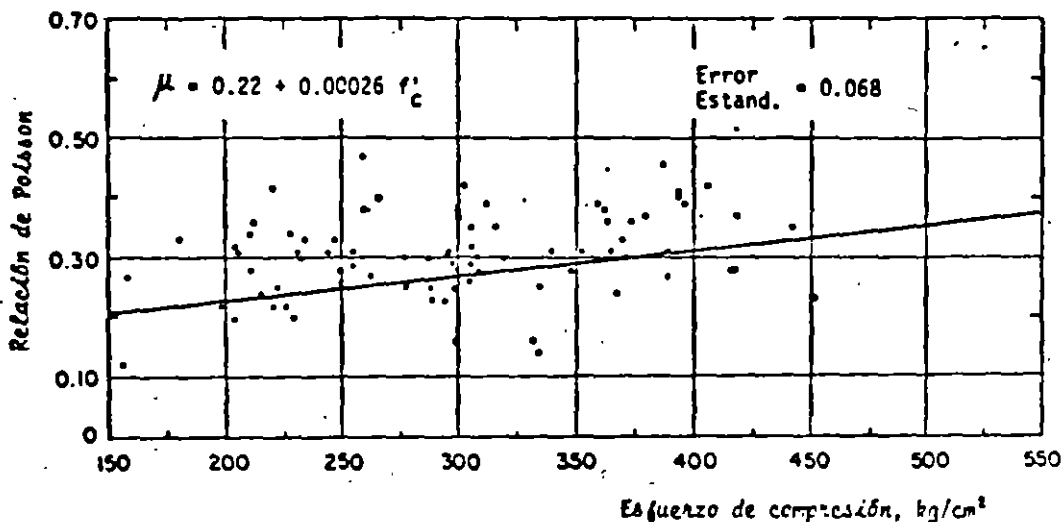
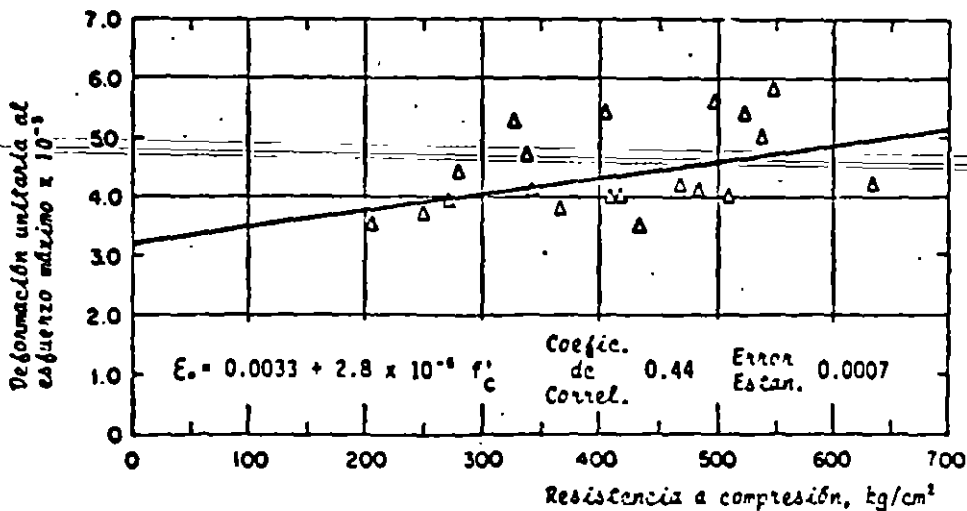
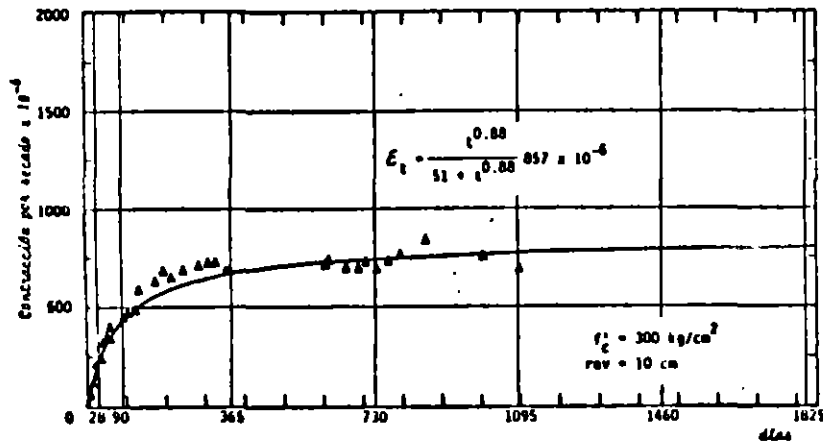


Fig 5 Relación de Poisson para concretos andesíticos

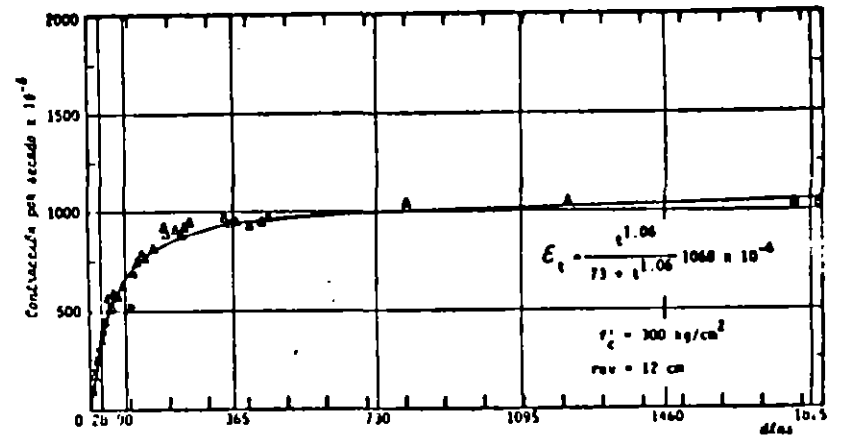


a) Concretos andesíticos

Fig 6 Relación entre deformación unitaria al esfuerzo máximo y resistencia a compresión

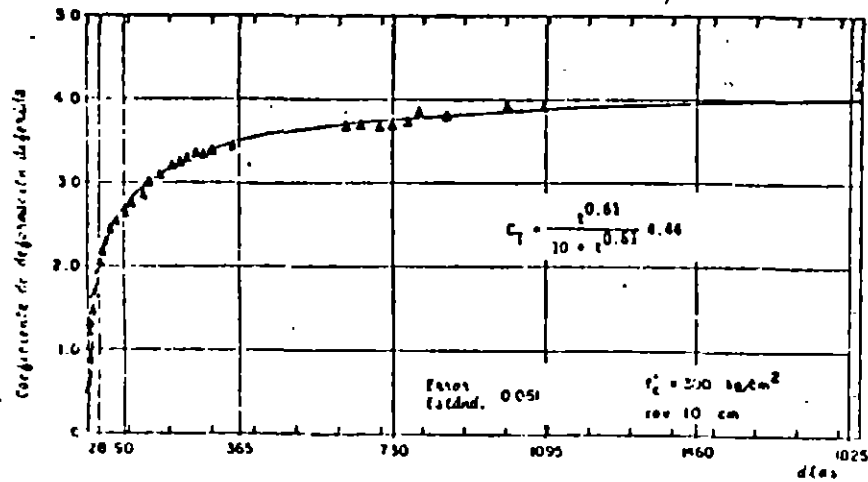


a) Concretos andesíticos con exceso de polvos

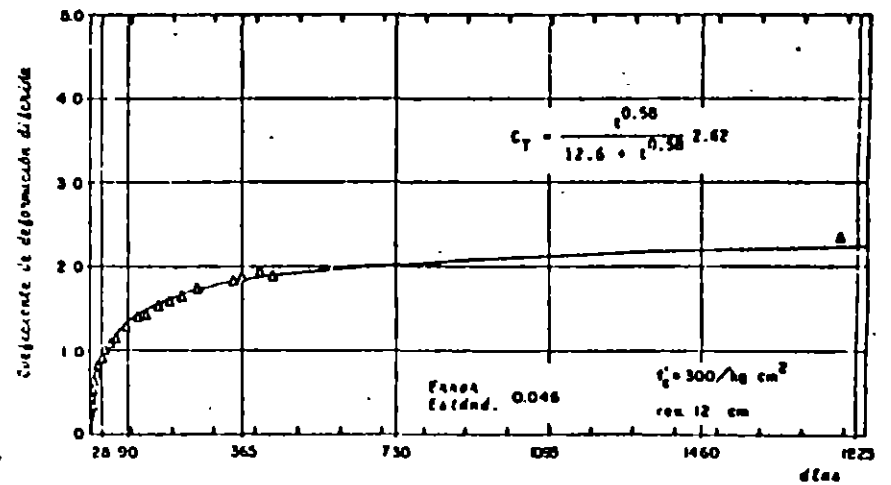


b) Concretos andesíticos con pocos polvos

Fig 7 Contracción por secado



a) Concretos andesíticos con exceso de polvos



b) Concretos andesíticos con pocos polvos

Fig 8 Deformación diferencial

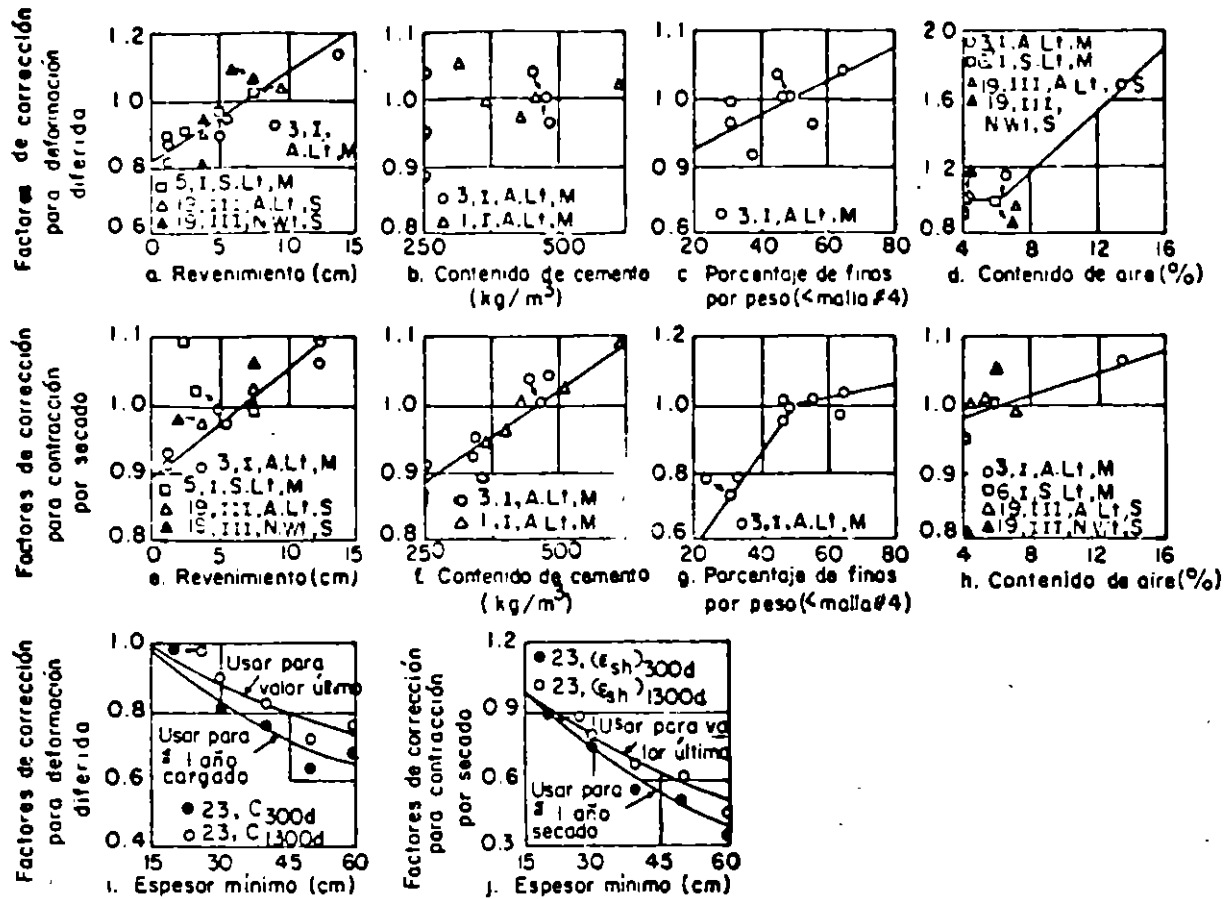


Fig 9 Factores de corrección nominales para deformación diferida y contracción por secado para los parámetros mostrados. I, III - Tipo de cemento; N.Wt; S. Lt, A.Lt - peso del concreto; M, S - curado húmedo y a vapor (ref 3)



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : NORMAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

1996

NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS, DDF. ESTRUCTURAS DE CONCRETO

PROPUESTA

27 de febrero, 1990

11.3 Concreto

11.3.1 Materiales componentes

La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logren la resistencia, rigidez y durabilidad necesarias.

La calidad de todos los materiales componentes del concreto deberá verificarse antes del inicio de la obra y también cuando exista sospecha de cambio en las características de los mismos o haya cambio de las fuentes de suministro. Esta verificación de calidad se realizará a partir de muestras tomadas del sitio de suministro o del almacén del productor de concreto. El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director de Obra cuando no se requiera Corresponsable, en lugar de esta verificación podrá admitir la garantía del fabricante del concreto de que los materiales fueron ensayados en un laboratorio autorizado por el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Prueba (SINALP), y ~~que cumplen con los requisitos establecidos en 1.4.1 y los que a~~ continuación se indican; pero en este caso también podrá ordenar la verificación de la calidad de los materiales cuando lo juzgue procedente.

Los materiales pétreos, grava y arena, deberán cumplir con los requisitos de la norma NOM C-111, con las siguientes modificaciones y adiciones:

Propiedad	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Coefficiente volumétrico de la grava, mín	0.20	---
Material más fino que la malla F 0.075 (No. 200) en la arena, porcentaje máx. en peso (NOM C 084).	15	15
Contracción lineal de los finos (pasan la malla No 40) de la arena y la grava, en la proporción en que éstas intervienen en el concreto, a partir del límite líquido, porcentaje máx.	2	3

En adición a la frecuencia de verificación estipulada para todos los materiales componentes al principio de este inciso, los requisitos especiales precedentes deberán verificarse cuando menos una vez por mes para el concreto clase 1.

Los límites correspondientes a estos requisitos especiales pueden modificarse si el fabricante del concreto demuestra, con pruebas realizadas en un laboratorio acreditado por el SINALP, que con los nuevos valores se obtiene concreto que cumpla con el requisito de módulo de elasticidad establecido en 11.3.4. En tal caso, los nuevos límites serán los que se apliquen en la verificación de estos requisitos para los agregados específicamente considerados en dichas pruebas.

11.3.2 Elaboración del concreto

El concreto podrá ser dosificado en una planta central y transportado a la obra en camiones revolvedores, o dosificado y mezclado en una planta central y transportado a la obra en camiones agitadores, o bien podrá ser elaborado directamente en la obra; en todos los casos deberá cumplir con los requisitos de elaboración que aquí se indican.

El concreto clase 1, premezclado o hecho en obra, deberá ser elaborado en una planta de dosificación y mezclado de acuerdo con los requisitos de elaboración establecidos en la norma NOM C-155.

El concreto clase 2, si es premezclado, deberá satisfacer los requisitos de elaboración de la mencionada norma NOM C-155. Si es hecho en obra, podrá ser dosificado en peso o en volumen, pero deberá ser mezclado en una revolvedora mecánica ya que no se permitirá la mezcla manual de concreto estructural.

11.3.3 Requisitos y control del concreto fresco

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras, se le harán pruebas para verificar que cumple con los requisitos de revenimiento y peso volumétrico. Estas pruebas se realizarán al concreto muestreado en obra, con la siguiente frecuencia como mínimo:

Prueba y método	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Revenimiento (NOM C-156)	Una vez por cada entrega, si es premezclado. Una vez por cada revoltura, si es hecho en obra.	Una vez por cada entrega, si es premezclado. Una vez por cada 5 revolturas, si es hecho en obra.

Prueba y método	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Peso volumétrico (NOM C-162)	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 20 m ³ de concreto.	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 40 m ³ .

El revenimiento será el mínimo requerido para que el concreto fluya a través de las barras de refuerzo y para que pueda bombearse en su caso, así como para lograr un aspecto satisfactorio. El revenimiento nominal de los concretos no será mayor de 12 cm. Para permitir la colocación del concreto en condiciones difíciles, o para que pueda ser bombeado, se autoriza aumentar el revenimiento nominal hasta un máximo de 18 cm, mediante el uso de aditivo superfluidificante, de manera que no se incremente el contenido unitario de agua; en tal caso, la verificación del revenimiento se realizará en la obra antes y después de incorporar el aditivo superfluidificante, comparando con los valores nominales de 12 y 18 cm respectivamente; las demás propiedades, incluyendo las del concreto endurecido, se determinarán en muestras que ya incluyan dicho aditivo.

El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director de Obra cuando no se requiera Corresponsable, podrá autorizar la incorporación del aditivo superfluidificante en la planta de premezclado para cumplir con revenimientos nominales mayores de 12 cm.

Si el concreto es premezclado y se surte con un revenimiento

nominal mayor de 12 cm, deberá ser entregado con un comprobante de incorporación del aditivo en planta; en la obra se medirá el revenimiento para compararlo con el nominal máximo de 18 cm.

Para que el concreto cumpla con el requisito de revenimiento, su valor determinado deberá concordar con el nominal especificado, con las siguientes tolerancias:

Revenimiento nominal, cm	Tolerancia, cm
menor de 5	± 1.5
de 5 a 10	± 2.5
mayor de 10	± 3.5

Estas tolerancias también se aplican a los valores nominales máximos de 12 y 18 cm.

Para que el concreto cumpla con el requisito de peso volumétrico en estado fresco, su valor determinado deberá ser mayor de 2200 kg/m³ para el concreto clase 1, y no menor de 1900 kg/m³ para el concreto clase 2.

11.3.4 Requisitos y control del concreto endurecido

La calidad del concreto endurecido se verificará mediante pruebas de resistencia a compresión en cilindros elaborados, curado y probados de acuerdo con las normas NOM C 160 y NOM C 83, en un laboratorio acreditado por el SINALP.

Cuando la mezcla de concreto se diseña para obtener la resistencia especificada a 14 días, las pruebas anteriores se efectuarán

a esta edad; de lo contrario, las pruebas deberán efectuarse a los 28 días de edad.

Para verificar la resistencia a compresión de concreto de las mismas características y nivel de resistencia, se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada cuarenta metros cúbicos; sin embargo, si el concreto se emplea para el colado de columnas, se tomará por lo menos una muestra por cada diez metros cúbicos. De cada muestra se elaborarán y ensayarán al menos dos cilindros; se entenderá por resistencia de una muestra el promedio de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.

Para el concreto clase 1, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada, f'_c , si ninguna muestra da una resistencia inferior a $f'_c - 35 \text{ kg/cm}^2$, y, además, si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores que f'_c .

Para el concreto clase 2, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada, f'_c , si ninguna muestra da una resistencia inferior a $f'_c - 50 \text{ kg/cm}^2$, y, además, si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores que $f'_c - 17 \text{ kg/cm}^2$.

Si sólo se cuenta con dos muestras, el promedio de las resistencias de ambas no será inferior a $f'_c - 13 \text{ kg/cm}^2$ para concreto

clase 1, ni a $f'_c - 28 \text{ kg/cm}^2$ para clase 2, además de cumplir con el respectivo requisito concerniente a las muestras tomadas una por una.

Cuando el concreto no cumpla con el requisito de resistencia, el Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director de Obra cuando no se requiera Corresponsable, tomará las medidas conducentes a garantizar la seguridad de la estructura. Estas medidas estarán basadas principalmente en el buen criterio de los responsables mencionados; como factores de juicio deben considerarse, entre otros, el tipo de elemento en que no se alcanzó el nivel de resistencia especificado, el monto del déficit de resistencia y el número de muestras o grupos de ellas que no cumplieron. En ocasiones debe revisarse el proyecto estructural a fin de considerar la posibilidad de que la resistencia que se obtuvo sea suficiente.

Si subsiste la duda sobre la seguridad de la estructura se podrán extraer y ensayar corazones, de acuerdo con la norma NOM C 169, del concreto en la zona representada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán tres corazones por cada incumplimiento con la calidad especificada. La humedad de los corazones al probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

El concreto representado por los corazones se considerará adecuado si el promedio de las resistencias de los tres corazones es mayor o igual que $0.8 f'_c$ y si la resistencia de ningún corazón es

menor que $0.7 f'_c$. Para comprobar que los especímenes se extrajeron y ensayaron correctamente, se permite probar nuevos corazones de las zonas representadas por aquellos que hayan dado resistencias erráticas. Si la resistencia de los corazones ensayados no cumple con el criterio de aceptación que se ha descrito, el responsable en cuestión nuevamente debe decidir a su juicio y responsabilidad las medidas que han de tomarse. Puede optar por reforzar la estructura hasta lograr la resistencia necesaria, o recurrir a realizar pruebas de carga (artículos 239 y 240 del Reglamento) en elementos no destinados a resistir sismo, u ordenar la demolición de la zona de resistencia escasa, etc. Si el concreto se compra ya elaborado, en el contrato de compraventa se establecerán de común acuerdo entre el fabricante y el consumidor las responsabilidades del fabricante en caso de que el concreto no cumpla con el requisito de resistencia.

El concreto debe cumplir además con el requisito de módulo de elasticidad especificado a continuación*:

		Clase 1	Clase 2
Módulo de elasticidad a 28 días de edad, kg/cm ² , mín.	Una muestra cualquiera	$12500\sqrt{f'_c}$	$7000\sqrt{f'_c}$
	además, promedio de todos los conjuntos de dos muestras consecutivas	$13200\sqrt{f'_c}$	$7400\sqrt{f'_c}$

* Debe cumplirse tanto el requisito relativo a una muestra cualquiera, como el que se refiere a los conjuntos de dos muestras consecutivas.

Para la verificación anterior, se tomará una muestra por cada 100 metros cúbicos, o fracción, de concreto, pero no menos de dos en una cierta obra. De cada muestra se fabricarán y ensayarán al menos tres especímenes. Se considerará como módulo de elasticidad de una muestra, el promedio de los módulos de los especímenes elaborados con ella.

El Corresponsable en Seguridad Estructural, o el Director de Obra cuando no se requiera Corresponsable, no estará obligado a exigir la verificación del módulo de elasticidad; sin embargo, si a su criterio las condiciones de la obra lo justifican, podrá requerir su verificación, o la garantía escrita del fabricante de que el concreto cumple con él. Cuando proceda, la verificación se realizará en un laboratorio acreditado por el SINALP. En caso que el concreto no cumpla con el requisito mencionado, el responsable de la obra evaluará las consecuencias de la falta de cumplimiento y determinará las medidas que deberán tomarse. Si el concreto se compra ya elaborado, en el contrato de compraventa se establecerán de común acuerdo entre el fabricante y el consumidor las responsabilidades del fabricante por incumplimiento del requisito antedicho.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA ANEXO
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES Y CONDICIONES DE
SERVICIO**

1996

PLAN DE MUESTREO PARA VERIFICAR RESISTENCIAS

- A) SE DEFINE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA, F_{CR}
 - B) SE DETERMINA EL PROPORCIONAMIENTO ADECUADO PARA OBTENER ESA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA
 - C) SE CORRIGEN LAS CANTIDADES DE AGREGADOS POR CONCEPTO DE LOS DEFECTOS DE CLASIFICACIÓN
 - D) SE ESTABLECEN LAS CANTIDADES DE MATERIALES QUE DEBEN DOSIFICARSE PARA PRODUCIR CADA REVOLTURA, EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD REAL DE LA MEZCLADORA DISPONIBLE
 - E) SE MUESTREA EL CONCRETO FRESCO PARA DETERMINARLE REVENIMIENTO, CON UNA FRECUENCIA MÍNIMA DE 1 EN 5
 - F) SE APLICA EL SIGUIENTE PLAN DE MUESTREO Y ENSAYE PARA VERIFICAR RESISTENCIA
-
-

1. UN ENSAYE DE RESISTENCIA ESTÁ REPRESENTADO POR DOS CILINDROS COMPAÑEROS ESTÁNDAR
2. TOMAR UNA MUESTRA DE CADA 25 REVOLTURAS; PARA CONCRETO PREMEZCLADO, UNA MUESTRA POR CADA ~~10~~⁴⁰ M³. MÍNIMO, UNA MUESTRA POR DÍA Y POR CLASE DE CONCRETO
3. AL TÉRMINO DE LA CONSTRUCCIÓN SE DEBE TENER UN MÍNIMO DE 30 RESULTADOS REPRESENTATIVOS DE RESISTENCIA A 28 DÍAS DE EDAD
4. DURANTE LOS TRES PRIMEROS DÍAS DE COLADO, FABRICAR CUATRO CILINDROS ESTÁNDAR PARA ENSAYAR DOS A 7 DÍAS Y DOS A 28 DÍAS
5. PODRÁN FABRICARSE CILINDROS ADICIONALES PARA CURARLOS EN LAS MISMAS CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA Y ENSAYARLOS A EDADES SUCESIVAS HASTA ALCANZAR LA RESISTENCIA A QUE CONVenga DESCIMBRAR
6. ANTES DE COMENZAR LA OBRA, ENSAYAR MEZCLAS DE PRUEBA (3) CON EL PROPORCIONAMIENTO SELECCIONADO, A FIN DE COMPROBAR LAS RESISTENCIAS A 7 Y 28 DÍAS EN CONDICIONES DE TRABAJO
7. LAS RESISTENCIAS A 7 DÍAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBEN COMPARARSE CON LA PROBABLE A ESA MISMA EDAD. SI EL PROMEDIO DE TRES ENSAYES CONSECUTIVOS ES INFERIOR AL 75 POR CIENTO DE LA RESISTENCIA PROBABLE, REVISE TODO EL PROCESO DE FABRICACIÓN
8. CUANDO SE OBTENGAN RESULTADOS DE 30 ENSAYES CONSECUTIVOS DE RESISTENCIA A 28 DÍAS DE EDAD, SE DEBEN ANALIZAR ESTADÍSTICAMENTE.

TABLA 2.1.— PRINCIPALES FUENTES DE VARIACION EN LA RESISTENCIA

Variaciones en las propiedades del concreto	Discrepancias en los métodos de prueba
Cambios en la relación agua/cemento Deficiente control de agua Excesiva variación de humedad en el agregado Retemplado	Procedimientos incorrectos en el muestreo
Variaciones en el requerimiento de agua Granulometría del agregado, absorción, forma de la partícula Propiedades del cemento y del aditivo Contenido de aire Tiempo de entrega y temperatura	Variaciones debidas a técnicas de fabricación Manejo y curado de cilindros recién fabricados Moldes de calidad deficiente
Variaciones en las características y proporciones de los ingredientes Agrenados Cemento Puzolanas Aditivos	Cambios en el curado: Variaciones en la temperatura Humedad variable Retrasos en el acarreo de los cilindros al laboratorio
Variaciones en la transportación, la colocación y la compactación	Deficientes procedimientos de prueba Cabeceado de los cilindros Pruebas de compresión
Variaciones en la temperatura y en el curado	

TABLA 3.5.— NORMAS PARA EL CONTROL DEL CONCRETO

Variación total					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes normas de control k_b/cm^2				
	excelente	muy buena	buena	aceptable	pobre
Pruebas de control en el campo	por debajo de 25	de 25 a 35	de 35 a 40	de 40 a 50	sobre 50
Mezclas de prueba de laboratorio	por debajo de 15	de 15 a 17	de 17 a 20	de 20 a 25	sobre 25

Variación en las pruebas

Coeficientes de variación para diferentes normas de control, en porcentaje					
Clase de operación	excelente	muy bueno	bueno	aceptable	pobre
Pruebas de control en el campo	por debajo de 3	de 3 a 4	de 4 a 5	de 5 a 6	arriba de 6
Mezclas de prueba de laboratorio	por debajo de 2	de 2 a 3	de 3 a 4	de 4 a 5	arriba de 5

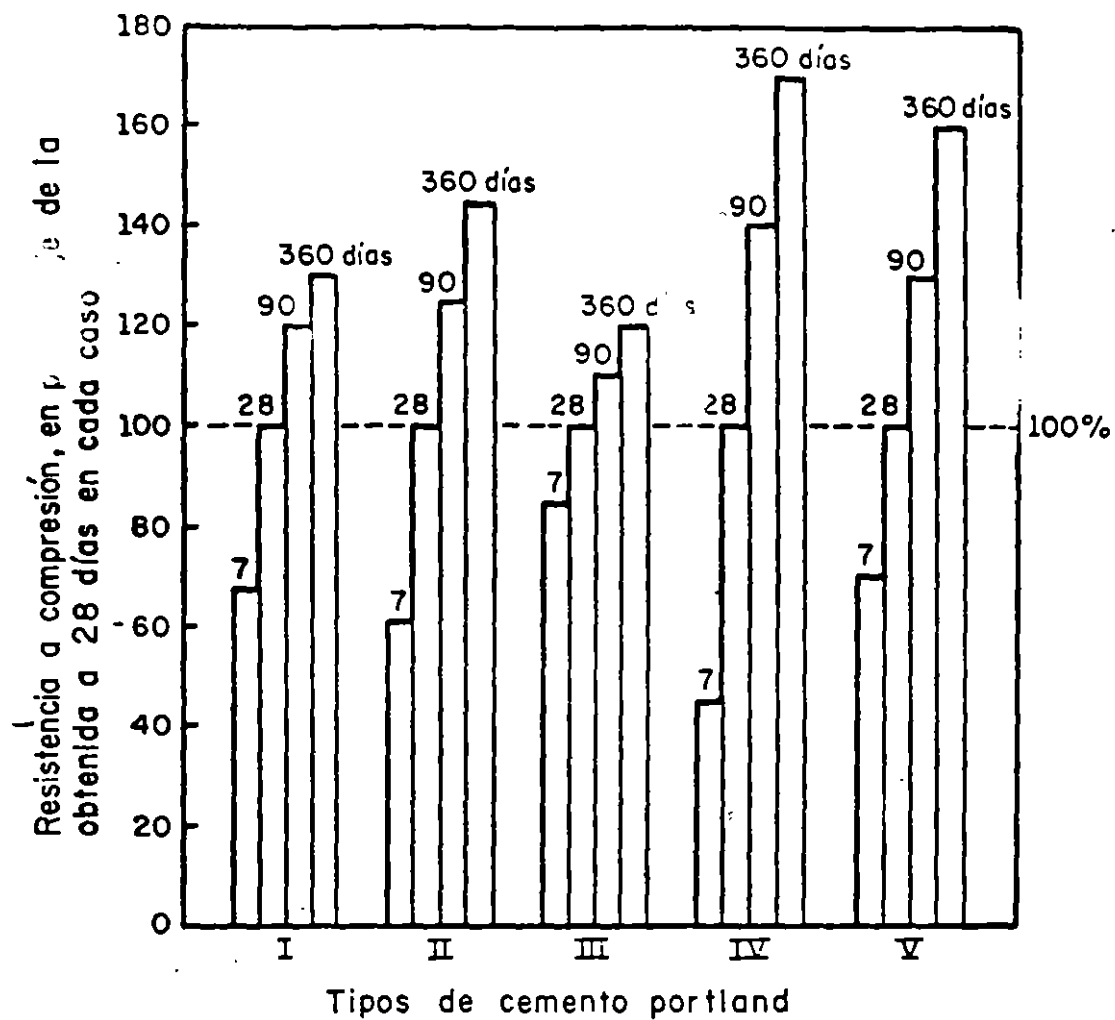


Fig 3.1. Incrementos de resistencia a compresión del cemento portland a diversas edades (7, 28, 90 y 360 días)

3.4.1. *Variación inherente a la prueba.* La variación en la resistencia del concreto dentro de una prueba única se obtiene calculando la variación de un grupo de cilindros elaborados de una muestra de concreto tomada de una mezcla determinada. Es razonable suponer que una mezcla de prueba de concreto es homogénea y que cualquier variación entre dos cilindros compañeros, elaborados de una muestra determinada es ocasionada por las variaciones en la fabricación, el curado y la prueba.

TABLA 3.4.1 – FACTORES PARA CALCULAR LA DESVIACION ESTANDAR INHERENTE A LA PRUEBA*

Numero de cilindros	d_2	$1/d_2$
2	1.128	0.8855
3	1.603	0.6907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4298
6	2.531	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.970	0.3367
10	3.078	0.3249

* Tomada de la Tabla B2 del Manual on Quality Control of Materials (Manual sobre el control de calidad de los materiales) de la ASTM, Referencia 4

No obstante, una única mezcla de prueba de concreto no proporciona los datos suficientes para el análisis estadístico y se requieren cilindros compañeros de, por lo menos, diez muestras de concreto a fin de establecer valores confiables para \bar{R} . La desviación estándar dentro de la prueba y el coeficiente de variación pueden calcularse convenientemente como sigue:

$$\sigma_1 = \frac{1}{d_2} \bar{R} \quad (3-4)$$

$$V_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{X}} \times 100 \quad (3-5)$$

donde

- σ_1 = desviación estándar dentro de la prueba
- $1/d_2$ = una constante dependiente de la cantidad de cilindros promedio para producir una prueba (Tabla 3.4.1.)
- \bar{R} = intervalo promedio dentro de grupos de cilindros compañeros
- V_1 = coeficiente de variación dentro de la prueba
- \bar{X} = resistencia promedio

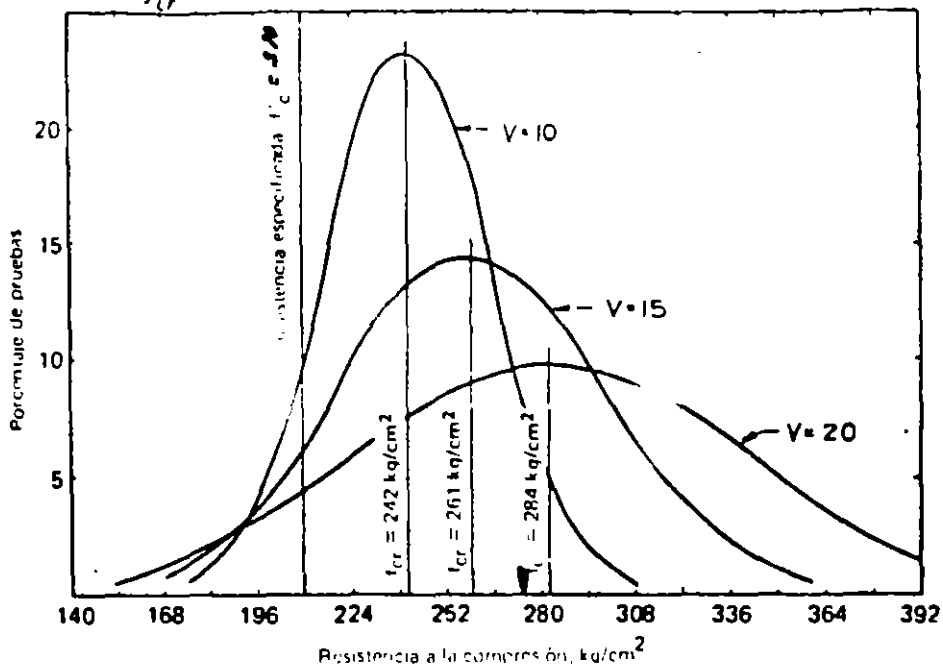


Fig. 4.1 (c). - Curvas normales de frecuencia para coeficientes de variación de 10, 15 y 20%

TABLA 4.1.- VALORES DE t

Porcentajes de pruebas que caen dentro de los límites $\bar{X} \pm 1\sigma$	Probabilidades de que caigan por debajo del límite inferior	t
40	3 en 10	0.52
50	2.5 en 10	0.67
60	2 en 10	0.84
62.27	1 en 6.3	1.00
70	1.5 en 10	1.04
80	1 en 10	1.28
90	1 en 20	1.65
95	1 en 40	1.96
95.45	1 en 44	2.00
98	1 en 100	2.33
99	1 en 200	2.56
99.73	1 en 741	3.00

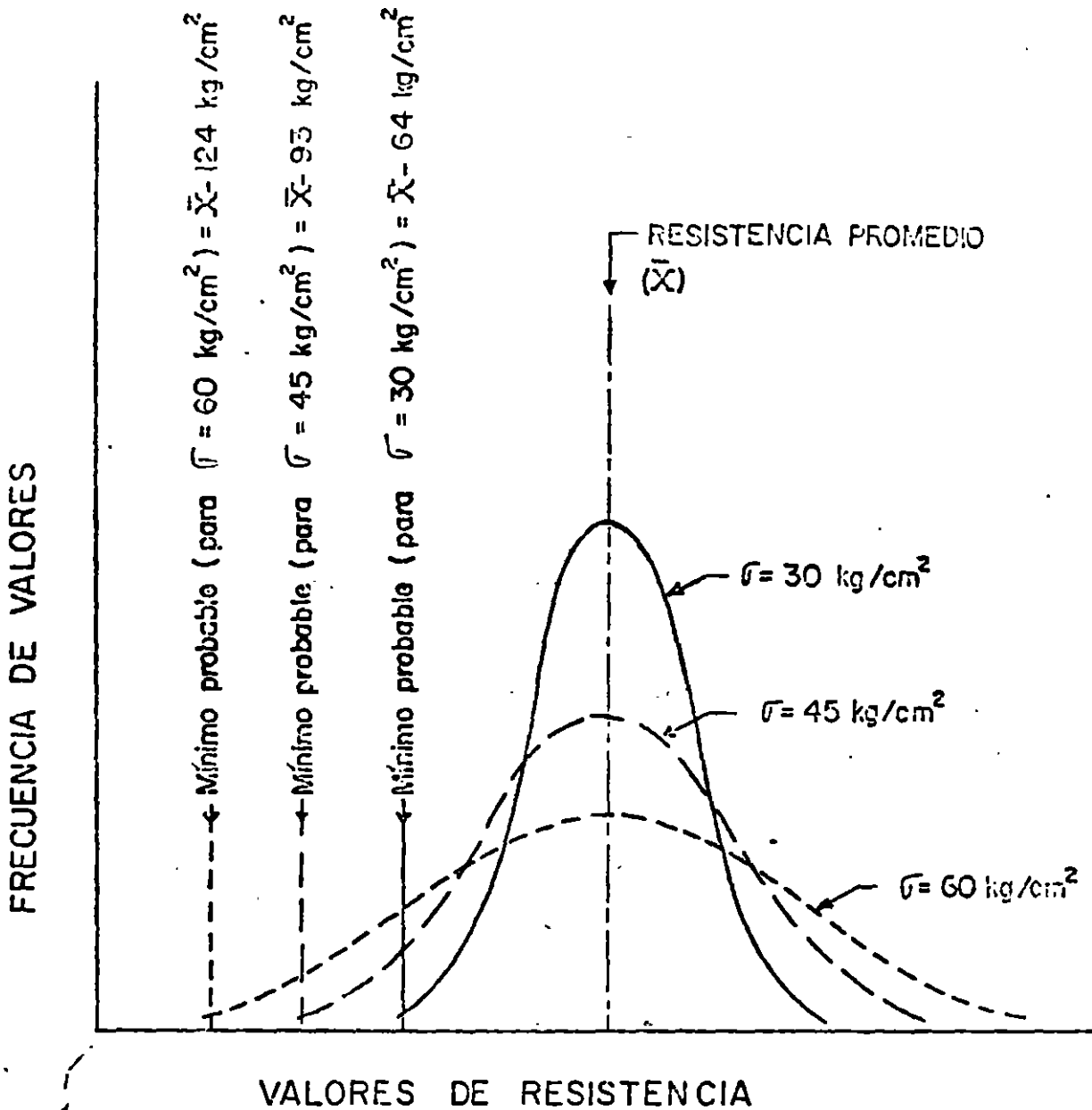


FIG. 1.8 - VARIACION DEL VALOR MÍNIMO PROBABLE DE ACUERDO CON LA DISPERSION OBTENIDA EN LAS RESISTENCIAS

TABLA 1.1 COEFICIENTE DE VARIACION Y GRADO DE UNIFORMIDAD QUE PUEDE ESPERARSE EN EL CONCRETO, BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE PRODUCCION

Coeficiente de variación de las resistencias, en porcentaje	Calificación del grado de uniformidad del concreto	Condiciones frecuentes en que se obtiene, para concreto hecho en obra
0-5	Excelente	Condiciones de laboratorio
5-10	Muy bueno	Preciso control de los materiales y dosificaciones por peso
10-15	Bueno	Buen control de los materiales y dosificaciones por peso
15-20	Mediano	Algún control de los materiales y dosificaciones por peso
20-25	Malo	Algún control de los materiales y dosificaciones por volumen
> 25	Muy malo	Ningún control de los materiales y dosificaciones por volumen

de un valor de 533×10^6 con el uso de la arena con 10% de finos no plásticos, hasta un valor de 759×10^6 con arena de 19% de finos, parte de los cuales tuvieron propiedades plásticas.

En los concretos con gravas calizas el incremento de la contracción con el aumento de los finos en la arena no fue tan significativo; pasó de un valor de 332×10^6 a 448×10^6 al variar el contenido de finos del 10 al 19% respectivamente. Sin embargo, fue notorio el comportamiento del concreto fabricado con la arena con 7.7% de finos, parte de los cuales tuvieron propiedades plásticas. En este caso la contracción alcanzada resultó ser del mismo orden que la obtenida con la arena con 19% de finos. Conviene señalar que los finos de ambas arenas presentaron propiedades plásticas similares.

Los concretos fabricados con las arenas andesíticas lavadas y de referencia, que no tuvieron finos plásticos, presentaron contracciones similares a la alcanzada en el concreto con arena de 10% de finos, que tampoco tuvo finos plásticos.

En la figura 12 se puede observar la influencia que tuvo el contenido de finos plásticos, determinandos en función de la contracción lineal de los finos de la arena, en la contracción por secado del concreto. Como se observa la contracción por secado del concreto se incrementó al aumentar la contracción lineal de los finos de la arena, independientemente del tipo de grava utilizada, aunque este incremento fue mayor para los concretos con gravas andesíticas.

Las contracciones aquí registradas corresponden a las obtenidas después de un curado en agua de 28 días y secado al aire a una humedad relativa del 50% durante otros 28 días. De acuerdo con la literatura respectiva⁶, la contracción alcanzada en estas condiciones resulta ser del orden de la mitad de las contracciones últimas; por lo que si se extrapolaran los resultados en los concretos con las arenas hasta con 10% de finos no plásticos y gravas calizas, se llegaría a valores de contracciones últimas comprendidas entre 600 y 900×10^6 , congruentes con los valores encontra-

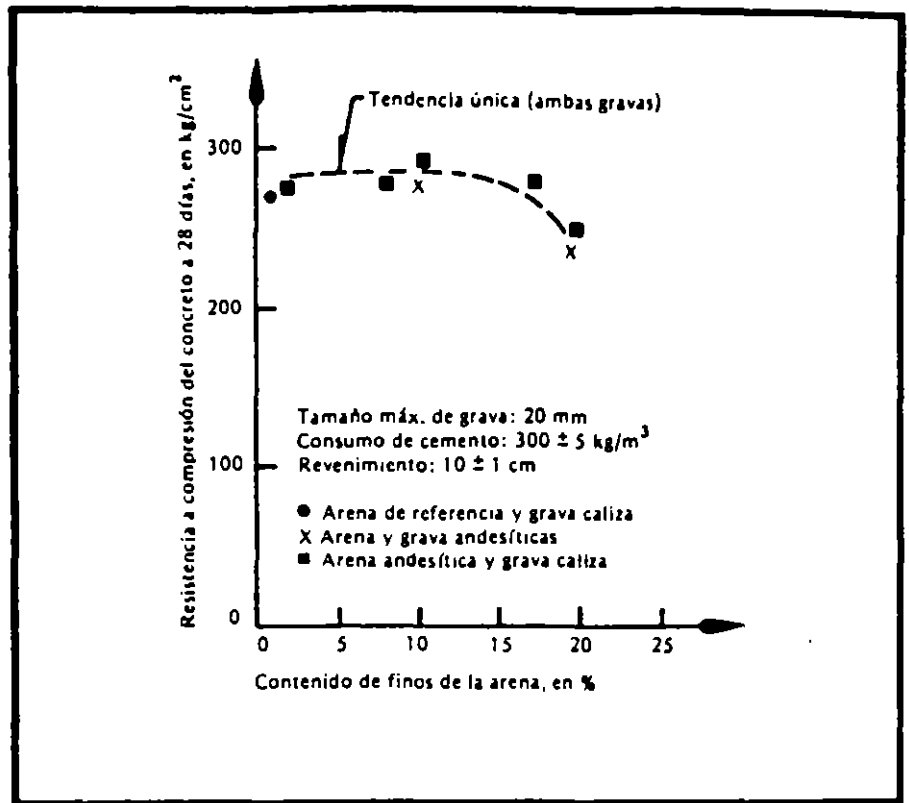


Fig. 7. Influencia del contenido de finos de la arena en la resistencia a la compresión del concreto.

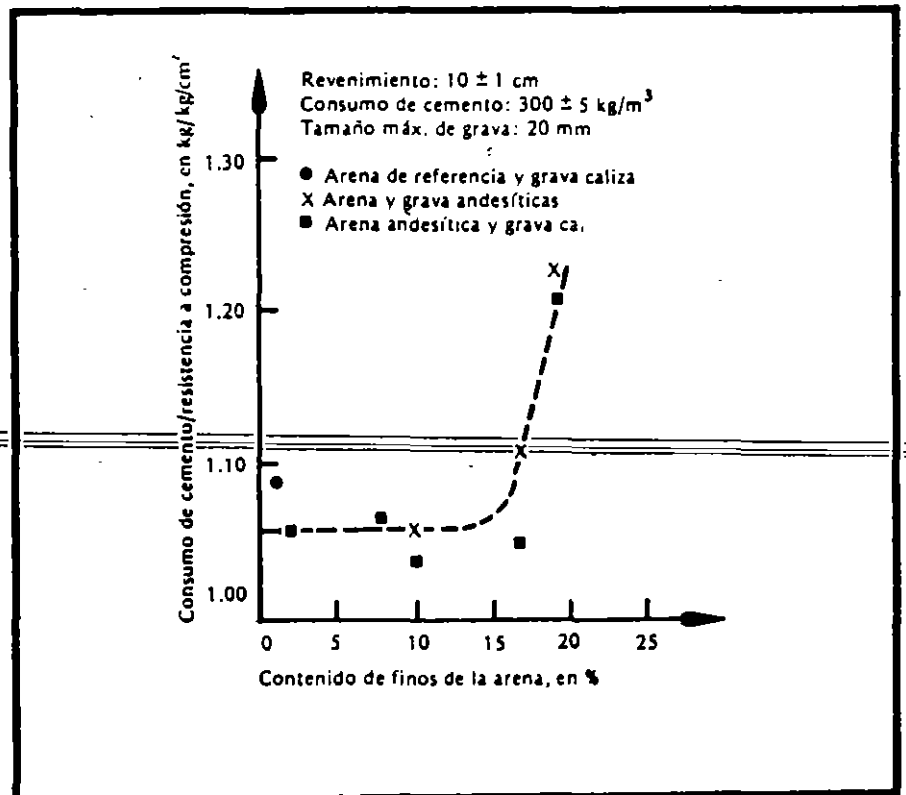


Fig. 8. Influencia del contenido de finos de arena en la eficacia del consumo de cemento.

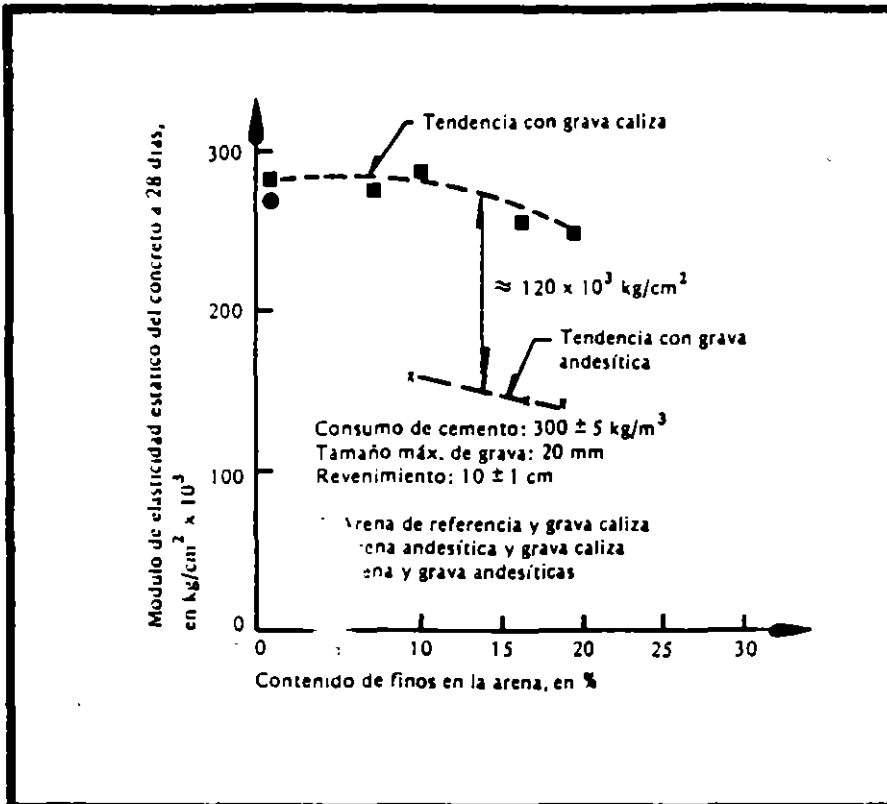


Fig. 9. Influencia del contenido de finos de la arena en el módulo de elasticidad del concreto.

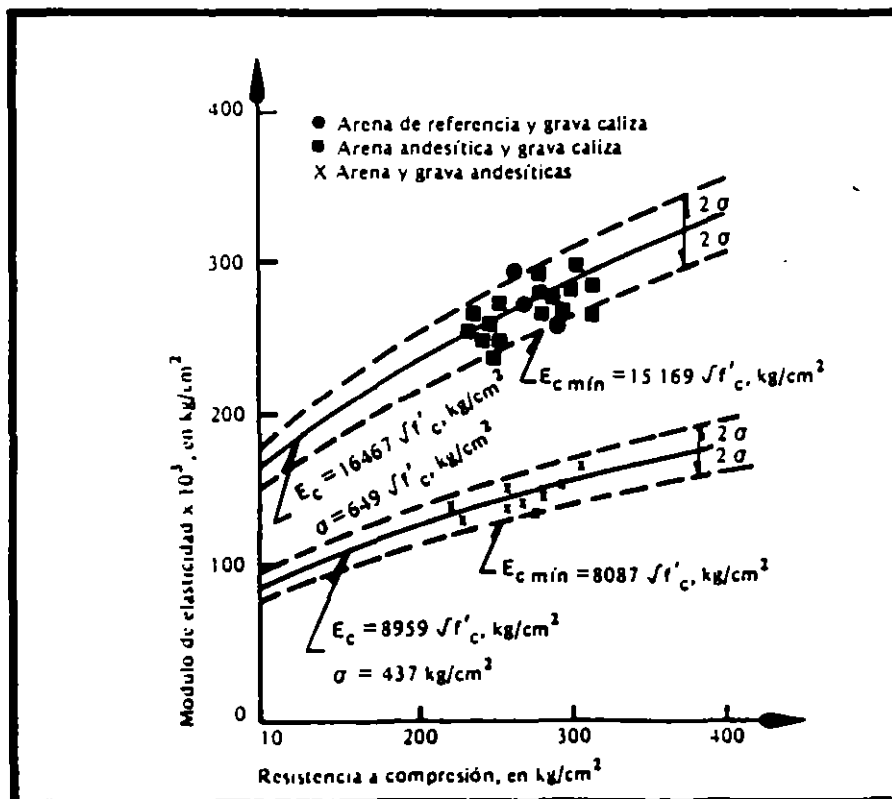


Fig. 10. Relación módulo de elasticidad - resistencia a la compresión de los concretos andesíticos y calizos.

dos en la literatura a que se hace referencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados de los ensayos efectuados y las consideraciones hechas sobre el comportamiento de los concretos conducen a las siguientes conclusiones:

1. Para mejorar las propiedades mecánicas de los concretos que se utilizan en el Distrito Federal, es necesario emplear gravas más densas y con menos absorción de las que actualmente se emplean.
2. Las arenas andesíticas en uso resultan ser las únicas, desde el punto de vista económico, viables para la fabricación de los concretos en el D.F. Sin embargo, es necesario limitar la cantidad de finos y muy especialmente la de los finos plásticos que contienen.
3. El tipo de cemento empleado en las mezclas puede afectar algunas de las propiedades de los concretos. Las conclusiones a que se llega en este trabajo se refieren a concretos hechos con cemento portland tipo I.
4. Las gravas calizas empleadas tuvieron un comportamiento satisfactorio en cuanto a todas las propiedades mecánicas de los concretos estudiados.
5. El coeficiente volumétrico de las partículas de grava caliza enturada prácticamente igual a 0.20 condujo a mezclas de concreto trabajables con contenidos de mortero usuales.
6. La proporción en la que se combinaron los tamaños de grava (35% de 5 a 10 mm y 65% de 10 a 20 mm) se manifestó como una granulometría adecuada para estos materiales.
7. Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas del concreto, para alcanzar los mejores resultados se requiere limitar los finos en la arena a un máximo de 10% y además la contracción lineal de estos finos debe ser nula.
8. Debido a que la proporción en que se mezcló con grava y arena se mantuvo constante en todo el estudio, la cantidad de finos totales en las mezclas de concreto resultó pro-

porcional a la cantidad de finos en las arenas.

9. El requerimiento de agua de mezclado se manifestó constante para porcentajes de finos en la arena de hasta 10%, para porcentajes mayores, la demanda de agua de mezclado se incrementó hasta en un 8% para contenidos de finos del orden del 19%.
10. Independientemente del contenido de finos en la arena, los concretos con grava caliza tuvieron un peso volumétrico mayor a $2\ 250\ \text{Kg/m}^3$ mientras que en los concretos con gravas andesíticas el peso volumétrico fue siempre inferior a este valor.
11. La cantidad de vacíos en las mezclas de concreto resultó independiente del tipo de agregado grueso empleado. Las mezclas fabricadas con arena andesítica lavada y con la arena de referencia tuvieron contenidos de aire cercanos al 2%; pero en las mezclas fabricadas con arenas con mayor contenido de finos los vacíos fueron siempre inferiores a esta cantidad.
12. El sangrado que presentaron las mezclas de concreto varió en forma inversamente proporcional al contenido de finos de las arenas y en proporción directa con el revenimiento de las mezclas. Para mezclas con arena de hasta 10% de finos, sería conveniente tener sangrados máximos del 3.5%.
13. La resistencia a la compresión resultó independiente del tipo de agregado grueso empleado y de los finos de la arena, cuando el porcentaje de éstos fue inferior al 10%. Para arenas con mayor contenido de finos la resistencia decreció.
14. Los módulos de elasticidad de los concretos hechos con agregados gruesos calizos resultaron del orden del doble de los obtenidos con gravas andesíticas. Los porcentajes de finos en las arenas inferiores al 10% no tuvieron influencia en el módulo de elasticidad alcanzado. El valor medio de la relación entre el módulo de elasticidad y la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión resultó ser 16 500 para los concretos con gravas calizas y 9 000 para los hechos con gravas andesíticas.

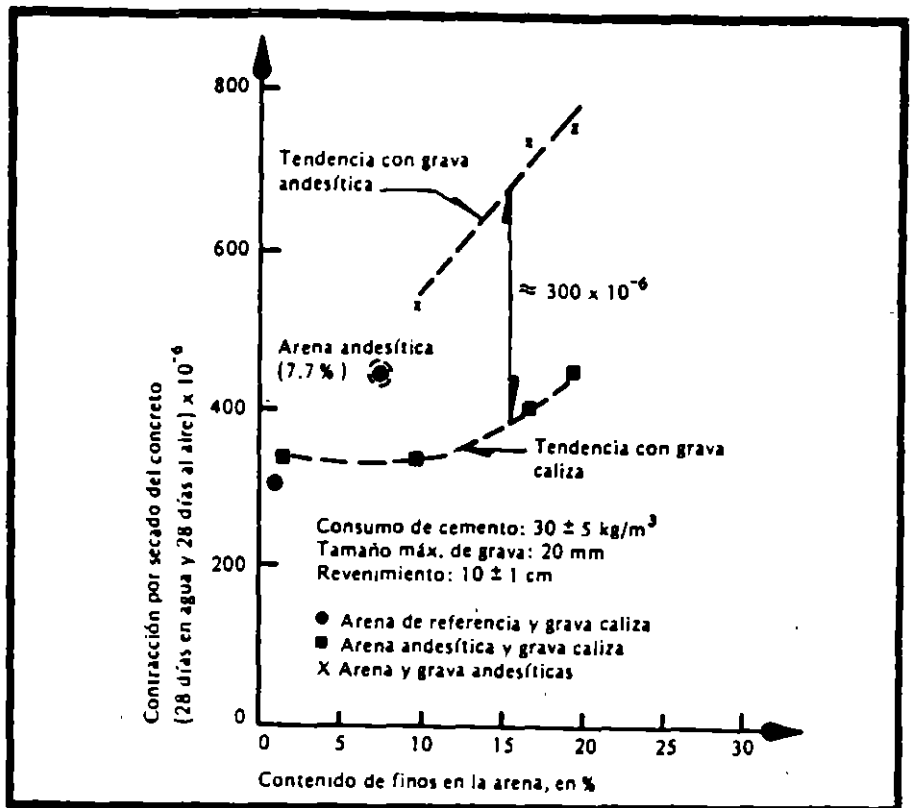


Fig. 11. Influencia del contenido de finos de la arena en la contracción por secado del concreto.

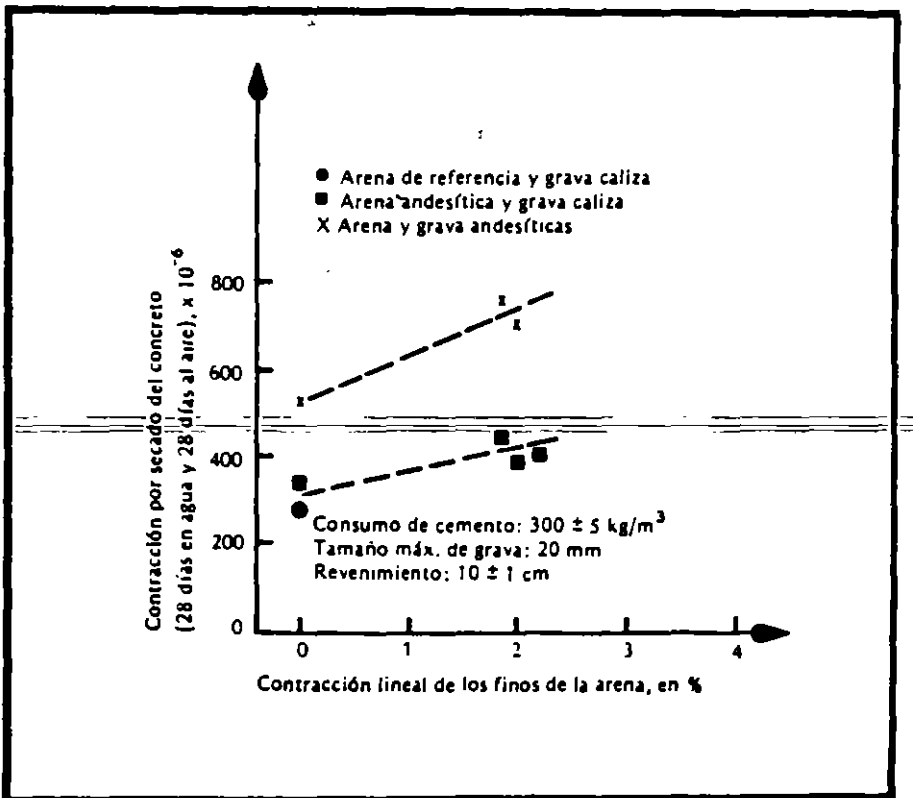


Fig. 12. Influencia de los finos plásticos de las arenas en la contracción por secado del concreto.

INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS EN LOS CONCRETOS ESTRUCTURALES DEL D.F.

Ing. Carlos Javier Mendoza*
Ing. Manuel Mená Ferrer**

RESUMEN

Se analiza el efecto que tienen las partículas más finas de las arenas andesíticas y las características intrínsecas de las gravas calizas y andesíticas, disponibles en la ciudad de México, sobre las propiedades de los concretos en los estados fresco y endurecido. Además, se dan recomendaciones para mejorar las propiedades de estos concretos.

SUMMARY

The effects of the finest part of andesitic sands and of the intrinsic characteristics of limestones and andesitic gravels, available in Mexico City, in the properties of fresh and hardened concrete are analyzed. Also, recommendations for improving the properties of these concretes are given.

* Subdirector, Instituto de Ingeniería, UNAM

** Asesor en tecnología del concreto

INTRODUCCION

Los concretos utilizados comúnmente en la Ciudad de México presentan ciertas deficiencias, originadas en algunos casos por la calidad de los materiales componentes y en otros por las prácticas constructivas empleadas. Entre las deficiencias más notorias se pueden señalar las siguientes:

a) La deficiente calidad de los agregados empleados propicia que los concretos tengan propiedades inadecuadas como bajo módulo de elasticidad, elevados cambios volumétricos por secado y excesivas deformaciones diferidas bajo cargas sostenidas (flujo plástico)¹. Asimismo, la tendencia al empleo de mezclas demasiado fluidas ocasiona sangrado excesivo en el concreto recién colocado y produce mayor contracción por secado en el concreto endurecido. Por todo ello, las estructuras de concreto son propensas a presentar agrietamientos por elevados cambios volumétricos, excesivas deformaciones a corto y largo plazo y escasa rigidez ante cargas laterales.

b) El empleo de cemento portland-puzolana en la fabricación de concreto propicia una adquisición de resistencia más lenta que la obtenida con otros tipos de cemento portland (I y III), lo cual es incompatible con la práctica usual de pronto descimbrado de las estructuras, en particular de los sistemas de pisos para edificios, y dar lugar a flechas excesivas y agrietamientos inaceptables.

c) Las pruebas de control de calidad realizadas por diferentes laboratorios² indican que con relativa frecuencia los concretos no cumplen con los requisitos de calidad especificados y que la proporción de mezclas con resistencias inferiores a la especificada llega a cerca de un 30%, sobre todo para algunos valores de f_c . Lo anterior ocasiona que los factores de seguridad de un número importante de elementos estructurales sean inferiores a los considerados en los reglamentos.

Los problemas anteriores tienden a agudizarse con los llamados concretos "bombeables", cuando se usan mezclas

con revenimientos exageradamente altos y proporciones excesivas de arena.

Por todo lo mencionado se opina que las características y propiedades del concreto que se ha utilizado normalmente en la Ciudad de México no son las más favorables para su empleo con fines estructurales, lo cual ha hecho pensar en la necesidad de introducir mejoras sustanciales, tanto en los materiales componentes como en el control de calidad y en las prácticas constructivas, sobre todo para aquellas aplicaciones con mayor requerimiento estructural.

Con el propósito de evaluar los efectos de ciertos cambios que en lo relativo a la calidad de los agregados pueden realizarse, se diseñó un programa

de ensayos en mezclas de concreto, que se llevó a cabo simultáneamente en tres diferentes laboratorios independientes de la Ciudad de México. En este trabajo se analizan los resultados obtenidos.

MATERIALES EMPLEADOS

Para mejorar las propiedades de los concretos que se utilizan en las construcciones del Distrito Federal, se pueden considerar dos modificaciones principales en los agregados:

a) Emplear gravas de mejor calidad que las actuales de andesita y basalto esoriáceo.

b) Reducir el contenido de finos indeseables (<7 μ) en las arenas, y comprobar que los aceptados no tienen

TABLA 1. PROPIEDADES FISICAS DE LAS GRAVAS

GRAVAS	ANDESITICA		CALIZA TRITURADA		NORMA ASTM C-33
	5-10 mm	10-20 mm	5-10 mm	10-20 mm	
CONCEPTOS					
1. Material más fino que la malla No. 200,	1.60	0.40	0.67	0.75	1 máx.
2. Densidad	2.42	2.41	2.63	2.63	
3. Absorción,	4.54	4.19	0.82	0.68	
4. Sanidad en sulfato de sodio, pérdida en	9.8	14.7	8.0	7.4	12 máx.
5. Abrasión en Máquina Los Angeles, pérdida en	23.8	27.1	17.5	14.9	50 máx.
6. Coeficiente volumétrico:					
Por tamaños	0.34	0.37	0.13	0.22	
Grava total		0.36		0.19	
7. Pesos volumétricos:					
Suelto, kg/m ³	1256	1266	1366	1348	
Varillado, kg/m ³	1354	1370	1517	1528	

TABLA 2. RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS ARENAS

CONCEPTOS	IDENTIFICACION (% FINOS)	ARENAS ANDESITICAS				ARENA DE RE- FEREN- CIA (1.1)	NORMA ASTM C-33
		(7.7)	(9.9)	(16.7)	(19.3)		
1. Módulo de finura	3.44	3.00	2.60	2.97	2.78	2.80	2.3-3.1
2. Material más fino que la malla No. 200, %	1.8	7.7	9.9	16.7	19.3	1.1	5 máx.
3. Densidad	2.40	2.28	2.40	2.37	2.30	2.31	
4. Absorción, %	5.85	5.87	4.38	4.94	7.93	5.12	
5. Sanidad en sulfato de sodio, pérdida en %	5.67	10.54				5.82	10 máx.
6. Pesos volumétricos:							
Suelto, kg/m ³	1396	1392	1443	1440	1450	1386	
Varillado, kg/m ³	1531	1590	1690	1635	1624	1524	
7. Materia orgánica, color respecto al límite	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.	
8. Equivalente de arena, %	82.9	66.0	59.3	65.4	52.1	84.5	
9. Límites de consistencia:							
Límite líquido, %	17.2	23.1	19.0	21.1	22.3	15.6	
Límite plástico, %	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	
Índice plástico	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	
Contracción lineal, %	0.0	2.10	0.0	1.95	1.85	0.0	

* Arena andesítica lavada

propiedades plásticas.

Para cuantificar qué tanto pueden influir estas modificaciones en las propiedades del concreto, se realizó un estudio comparativo que incluyó mezclas con dos tipos de grava (andesítica natural y caliza triturada), cinco arenas andesíticas con diferentes contenidos de finos y una arena de referencia, no andesítica, que cumplió con los requisitos físicos de la norma ASTM C33.³

En cuanto al cemento, se optó por emplear cemento portland tipo I como único material cementante y no usar aditivos en la preparación de las mezclas.

Cemento

Las pruebas físicas y químicas efectuadas al cemento portland tipo I empleado indicaron que cumple ampliamente con los requisitos especificados en la norma ASTM C150³. Sin embargo, cabe señalar que resultó ser menos fino de lo que suelen ser los cementos del mismo tipo.

Agregados

a) GRAVAS

Las gravas tanto andesíticas como calizas se dividieron en dos fracciones: de 5 a 10 mm y de 10 a 20 mm. Estas fracciones se combinaron en proporción de 35 y 65%, respectivamente, para integrar el agregado grueso

empleado.

Las propiedades físicas de estas gravas se presentan en la tabla-1. Los valores ahí mostrados son el promedio de las pruebas efectuadas en los tres laboratorios que participaron en el estudio.

Los resultados de las pruebas de densidad y absorción muestran una diferencia importante entre las gravas andesíticas y calizas, en favor de las segundas. Si se admite que estas propiedades pueden ser un buen índice del grado de deformabilidad de las rocas que las constituyen, debe esperarse que los concretos hechos

TABLA 3. MEZCLAS DE CONCRETO DE PRUEBA

Materiales	Mezclas No. (consumo promedio, kg/m ³)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cemento	300	296	297	297	303	300	295	294	298
Arena andesítica (finos): 1.8				770					
7.7					742				
9.9	775					774			
16.7		755					752		
19.3			736					761	
Arena de referencia									740
Grava andesítica	952	938	940						
Grava caliza				1024	1044	1034	1018	1014	1027
Agua	179	187	190	183	176	183	193	194	17
Agua/cemento	0.60	0.63	0.65	0.62	0.58	0.61	0.63	0.68	0

con la grava caliza resulten mucho menos deformables.

b) ARENAS

Se utilizaron cinco arenas andesíticas cuyos contenidos de finos menores que la malla 200 variaron entre 1.8 y 19.3%. Cuatro de estas arenas procedieron de otros tantos bancos (depósitos piroclásticos) de la región. La arena andesítica con 1.8% de finos se obtuvo por lavado. A manera de referencia se empleó una arena no andesítica con un contenido de finos de 1.1%.

En la tabla 2 se presentan los resultados de las pruebas efectuadas a estas arenas. Conviene notar que, además de las pruebas físicas que son usuales, se efectuaron otras dos determinaciones: el equivalente de arena y los límites de consistencia. Esto se hizo con el fin de buscar un medio que permitiera evaluar las propiedades plásticas de los finos de estas arenas.

Las especificaciones de calidad para agregados por lo regular aceptan un máximo de 5% de partículas más finas que la malla 200 (74 μ) en arenas para concretos de uso general, no expuestos a la abrasión. Todas las arenas andesíticas que se utilizan en los concretos del Distrito Federal ex-

ceden por mucho este límite, pues sus contenidos de finos suelen fluctuar entre cerca del 10 y algo más del 20%. Debido a las dificultades que existen para reducir estos finos a valores aceptables, se ha vuelto costumbre tolerarlos sin mayor trámite, aduciendo que se trata de finos inertes que no afectan la calidad del concreto; sin embargo, la experiencia ha demostrado que esto no siempre es así, pues hay arenas contaminadas con finos plásticos (limos y arcillas) que sí son dañinos para el concreto.

Como es usual, todas estas arenas andesíticas exhibieron densidades relativamente bajas y altas absorciones. Conviene observar que, en este aspecto, la arena de referencia no presentó mejores características.

PROGRAMA DE PRUEBAS

El programa incluyó nueve mezclas de concreto en las que se mantuvieron constantes las siguientes características:

- a) Cemento: portland tipo
- b) Tamaño máximo de grava: 20 mm
- c) Granulometría de la grava: 35% de 5 a 10 mm y 65% de 10 a 20 mm
- d) Consumo de cemento: 300 \pm 5 kg/m³
- e) Proporción de arena en los agrega-

- dos: 45% en volumen absoluto
- f) Revenimiento del concreto: 10 \pm 1 cm

Los consumos de materiales por metro cúbico de concreto, así como la relación agua/cemento de cada mezcla, se presentan en la tabla 3.

Pruebas realizadas

A todas las mezclas de concreto se les efectuaron las mismas pruebas. Los métodos de ensaye fueron preferentemente los de las normas oficiales mexicanas (NOM) y, en su defecto, los de la ASTM. Las pruebas que se practicaron al concreto fresco fueron revenimiento, peso volumétrico, contenido de aire (método gravimétrico) y agua de sangrado. Al concreto endurecido se le hicieron las siguientes determinaciones: resistencia a compresión y módulo de elasticidad a 28 días, y contracción por secado con 28 días en agua y 28 días al aire. Los resultados de estos ensayos se presentan en las tablas 4 y 5.

CARACTERISTICAS DE LOS CONCRETOS

El objetivo del estudio consistió en verificar la influencia que ejercen los contenidos de finos de las arenas y las características de las gravas sobre las propiedades de los concretos ensayados. Tomando en cuenta que en este caso la cantidad de finos totales en el con-

creto resultó proporcional a los contenidos de las arenas, como se muestra en la figura 1, las referencias se hacen en función de los finos de las arenas para facilitar la identificación de las mezclas.

Concretos en estado fresco

En la tabla 4 se presentan los resultados promedio de los ensayos efectuados en los tres laboratorios a los concretos en estado fresco. Como se puede observar, las mezclas estudiadas tuvieron revenimientos que variaron entre 9 y 10.5 cm; todos ellos quedaron en el intervalo de 10 ± 1 cm propuestos para el estudio.

Dado que el revenimiento se mantuvo constante, el parámetro que se puede considerar para juzgar la influen-

cia del contenido de finos resulta ser el consumo de agua por volumen unitario de concreto. A este respecto, en la figura 2 se observa que, independientemente del tipo de grava empleada, el consumo de agua se manifestó constante para porcentajes de finos en la arena de hasta un 10%, y después de este valor, dicho consumo se incrementó en forma gradual hasta ser 8% mayor para contenidos de finos de 19% en la arena.

Por otro lado, si se comparan los 180 Kg de agua por metro cúbico de concreto requeridos en este caso, contra los 200 que estima el ACI 211.1⁵ para un tamaño máximo de agregado de 20 mm, en mezclas sin aire incluido y revenimientos entre 8 y 10 cm, resulta que las mezclas en estudio necesitaron

10% menos de agua. Esta disminución se debió muy probablemente a la finura del cemento, que por ser más grueso de lo usual requirió menos agua para producir el revenimiento previsto.

En relación con el peso volumétrico de los concretos estudiados, en la tabla 4 y la figura 3 se observa que para contenidos de finos de hasta 10% el peso volumétrico se mantuvo constante y que éste disminuyó a medida que aumentaron los finos en las arenas más allá de ese valor. Asimismo se puede ver que existe una diferencia de alrededor de 80 kg/m^3 entre los concretos fabricados con grava caliza y los hechos con andesita, a favor de la primera.

Dada la diferencia tan clara en cuanto a peso volumétrico de estos dos ti-

TABLA 4. PROPIEDADES DE LOS CONCRETOS EN ESTADO FRESCO

PROPIEDAD	MEZCLAS No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Revenimiento, cm	10.5	9.5	10.0	9.5	9.0	10.5	10.0	9.0	9.5
Peso volumétrico, kg/m^3	2207	2176	2165	2274	2270	2291	2258	2263	2242
Vacíos,	0.6	1.1	1.3	1.3	0.3	0.5	0.9	0.7	1.7
Agua de sangrado,	3.3	2.4	1.7	3.0	1.8	3.1	1.7	1.3	3.0

TABLA 5. PROPIEDADES DE LOS CONCRETOS EN ESTADO ENDURECIDO

PROPIEDAD	MEZCLAS No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Resistencia a compresión a 28 días (f'_c), kg/cm^2	283	266	242	279	283	289	282	242	273
Módulo de elasticidad a 28 días (E_c), kg/cm^2	157318	140369	138284	282350 ^a	279042	286094	259474	254460	274566
Relación $E_c/\sqrt{f'_c}$	9352	8607	8809	16904	16587	16829	15451	16357	16617
Contracción por secado, 28 días con agua y 28 días al aire, 10^{-6}	533	733	759	337	443	332	403	448	308

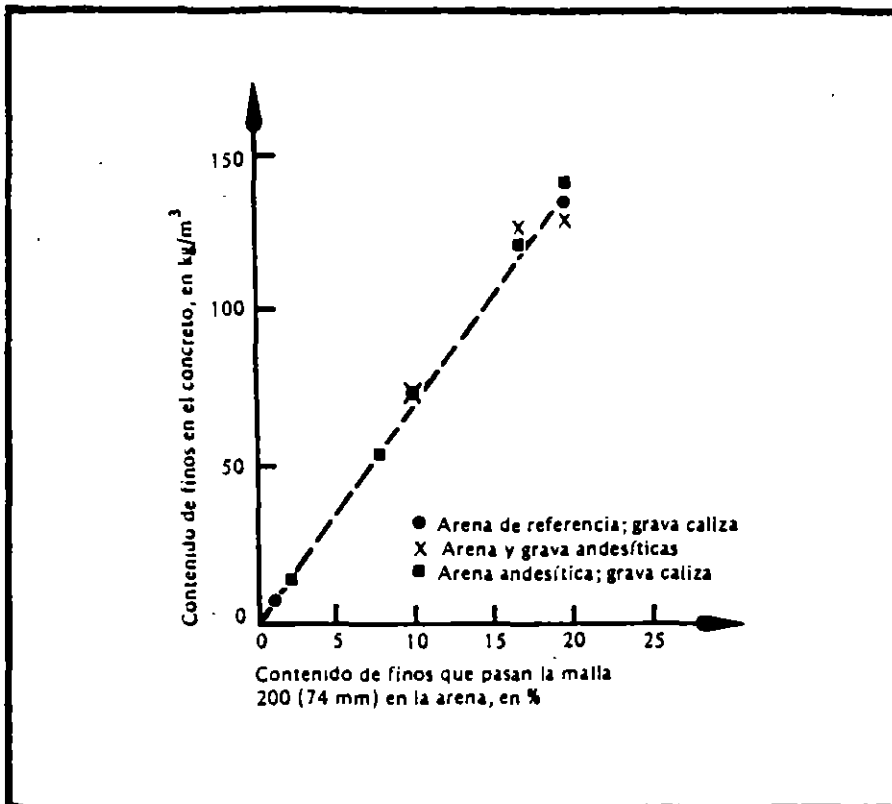


Fig. 1. Proporcionalidad entre los contenidos de finos de la arena y del concreto.

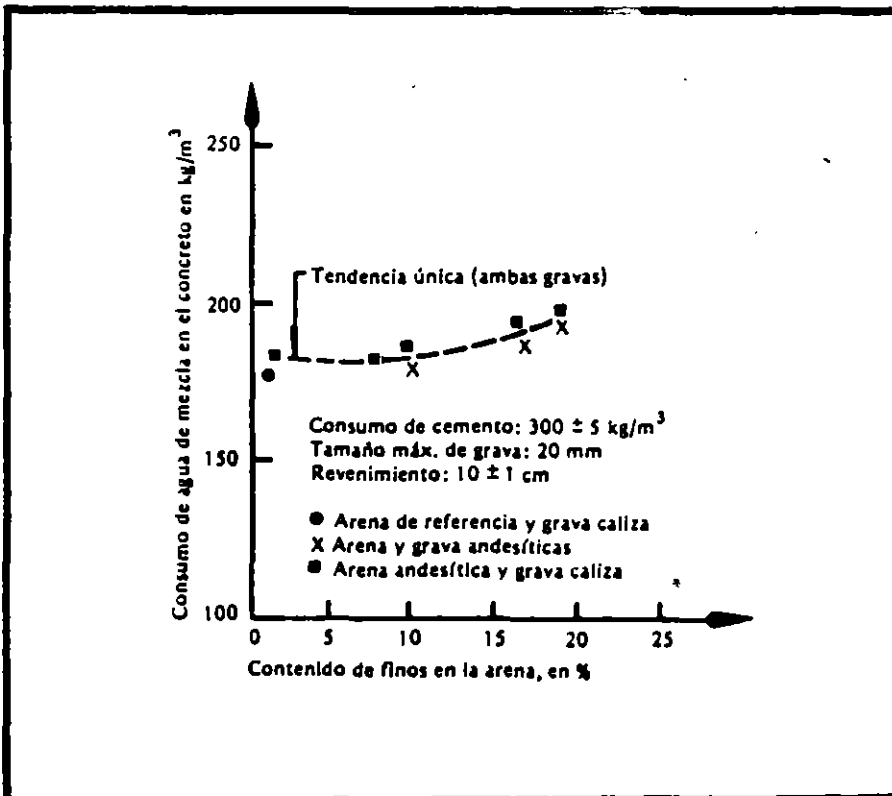


Fig. 2. Relación entre el contenido de finos de la arena y el consumo de agua de mezcla en el concreto.

pos de concreto y tomando en cuenta la simplicidad de la prueba, se puede sugerir su ejecución en obra como una primera medida para discriminar entre los dos tipos de concreto. Un valor razonable que se puede considerar como frontera entre los dos tipos de concreto es 2250 kg/m^3 .

El contenido de vacíos de las mezclas estudiadas (figura 4), establecido en función de los volúmenes absolutos de los materiales componentes, parece tener un comportamiento independiente del tipo de agregado grueso y del contenido de finos en la arena. Los valores obtenidos resultan ser inferiores a los usualmente estimados para este tipo de mezclas (2%).

En relación con el agua de sangrado, en la figura 5 se puede observar que las mezclas estudiadas siguen una sola tendencia, independientemente del tipo de grava utilizada, y que para contenidos de finos de hasta 10% el sangrado resulta constante y cercano al 3%. Para contenidos finos en la arena mayores que 10% el sangrado disminuye a valores cercanos al 1.5% para porcentajes de finos de 19%.

Cabe señalar el comportamiento discrepante de la mezcla fabricada con arena con 7.7% de finos, la cual tuvo un sangrado de tan sólo 1.8%. Esta situación se atribuye a que no obstante que la arena tiene relativamente pocos finos, parte de ellos tienen características plásticas, lo que les permite retener mejor el agua.

Los resultados anteriores representan una contradicción, ya que por una parte es deseable limitar el porcentaje de finos en la arena y por otra es conveniente al mismo tiempo tener el mínimo de sangrado posible. Aparentemente la consistencia de la mezcla (revenimiento) tiene una influencia más significativa e importante en cuanto al sangrado; pero dado que las mezclas estudiadas tuvieron un revenimiento poco variable (9 a 10.5 cm), la influencia del mismo no quedó totalmente definida. Sin embargo, en la figura 6 se muestra una relación entre el sangrado y el revenimiento. Aunque ésta varió en un intervalo muy reducido, la figura parece sugerir que sería adecuado limitar

el sangrado a valores inferiores al 3.5%.

Concretos en estado endurecido

Las propiedades determinadas a los concretos en estado endurecido se presentan en la tabla 5. Estas propiedades son las resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto a 28 días de edad, y la contracción por secado después de 28 días de curado en agua a 23°C y 28 días de secado al aire a 23°C y 50% de humedad relativa.

En cuanto a la resistencia a la compresión, dado que los consumos de cemento y los revenimientos de todas las mezclas fueron prácticamente constantes, los resultados alcanzados se pueden comparar en forma directa; así, en la figura 7 se puede ver que los tipos de grava estudiadas y los diferentes contenidos de finos en la arena no tuvieron influencia en la resistencia a la compresión hasta para contenidos de finos del 10%, en tanto que para porcentajes mayores la resistencia a la compresión decreció hasta una reducción del orden del 15% para arenas con 19% de finos. Cabe hacer notar que el concreto fabricado con la arena considerada como de referencia siguió la misma tendencia general observada en los concretos con arenas andesíticas.

Otra forma de tomar en cuenta el efecto de los finos de la arena en la resistencia a la compresión del concreto es a través de la eficiencia del cemento, entendida ésta como la relación consumo de cemento/resistencia a la compresión (figura 8).

En esta figura se puede ver que para contenidos de finos en las arenas menores que el 10%, la relación antes mencionada se mantuvo constante en un valor de 1.06, en tanto que este valor se incrementó a 1.23 cuando los finos en la arena llegaron a ser del orden del 19%, lo que equivale a tener un incremento del 16% en el consumo de cemento para igualdad de resistencias.

En relación con el módulo de elasticidad, en la figura 9 se puede observar la gran influencia que tuvo el tipo de grava que se empleó en la fabricación del concreto. Se encontraron diferen-

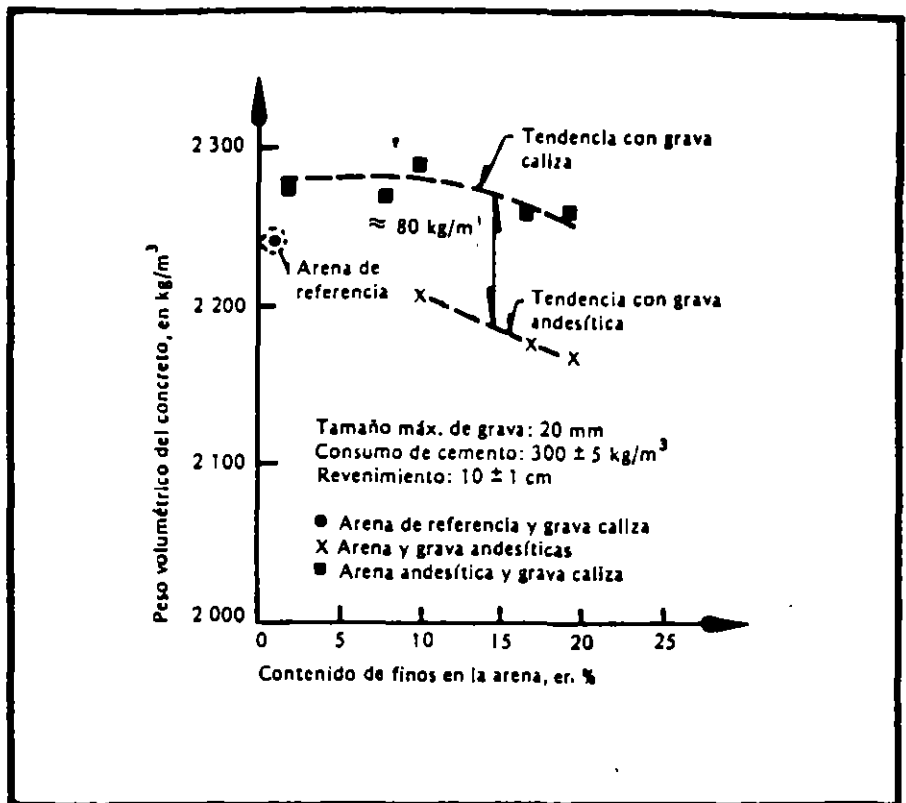


Fig. 3. Influencia del contenido de finos de la arena en el peso volumétrico del concreto.

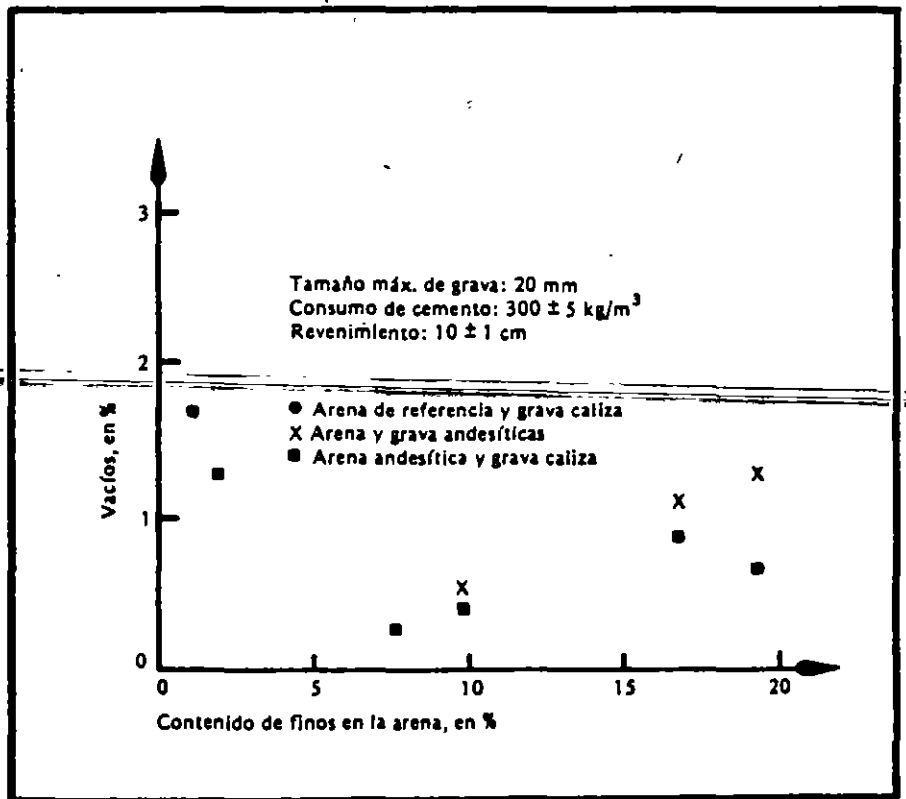


Fig. 4. Influencia de los finos de la arena en la cantidad de vacíos en las mezclas.

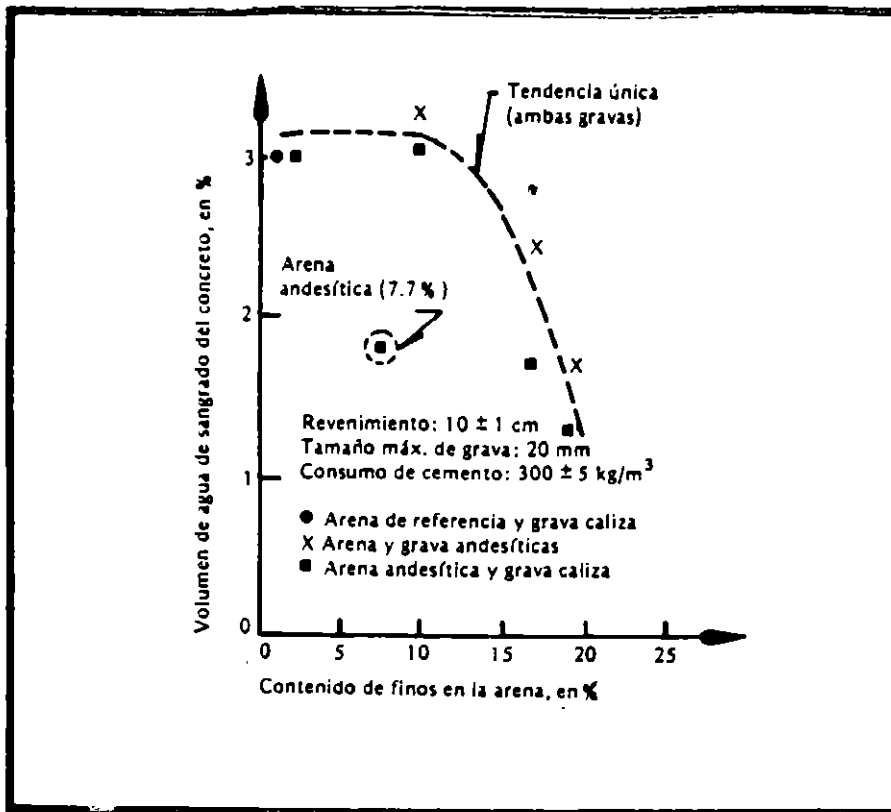


Fig. 5. Relación entre el contenido de finos de la arena y el agua de sangrado del concreto.

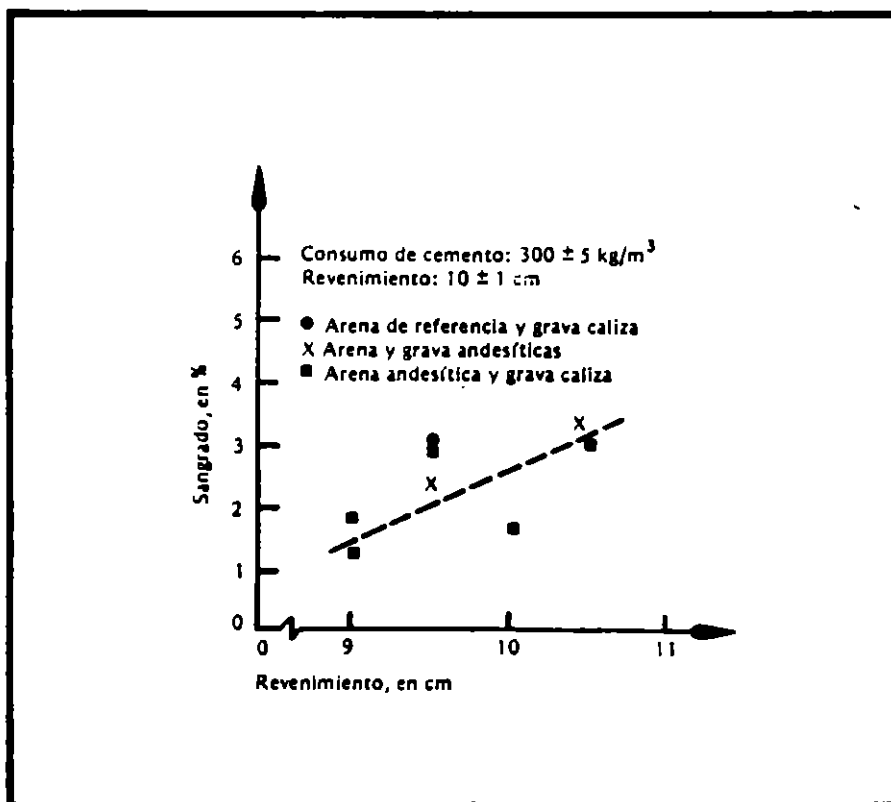


Fig. 6. Variación del sangrado en función del revenimiento.

cias del orden de 120 000 kg/cm² entre los módulos de los concretos hechos con gravas andesíticas y los fabricados con gravas calizas, diferencia que corresponde a un incremento del orden del 80% en los valores alcanzados por estos últimos.

Por otra parte, los finos de las arenas influyeron en el módulo de elasticidad de los concretos de manera similar a como lo hicieron en la resistencia a la compresión. Para contenidos inferiores al 10% no existió variación apreciable en los valores alcanzados, en tanto que para contenidos de finos en la arena del 19% la disminución en el módulo de elasticidad fue del orden del 12% en relación con los valores alcanzados en los concretos hasta con 10% de finos.

Conviene señalar que, al igual que para la resistencia a la compresión, el empleo de la arena de referencia con 1.1% de finos no cambió el comportamiento del concreto en cuanto a módulo de elasticidad, el cual alcanzó valores similares a los obtenidos con la arena andesítica lavada.

En la figura 10 se presenta la relación que se manifestó entre el módulo de elasticidad del concreto y la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión del mismo. Esta relación alcanzó un valor medio aproximado de 9 000 para los concretos de gravas andesíticas y de 16,500 para los de grava caliza. Conviene hacer notar que aunque el tamaño de la muestra es pequeño, la tendencia está bien definida y la totalidad de los resultados quedan localizados dentro de una dispersión de ± 2 o de la tendencia central.

En la contracción por secado, el tipo de grava empleada en el concreto tuvo también una influencia notoria; las contracciones de los concretos con grava caliza fueron del orden del 60% de las alcanzadas en los concretos con las gravas andesíticas. Asimismo, los finos de la arena, y en particular los finos con propiedades plásticas, influyeron también en forma considerable en las contracciones alcanzadas (figuras 11 y 12).

En los concretos con gravas andesíticas la contracción se incrementó des-

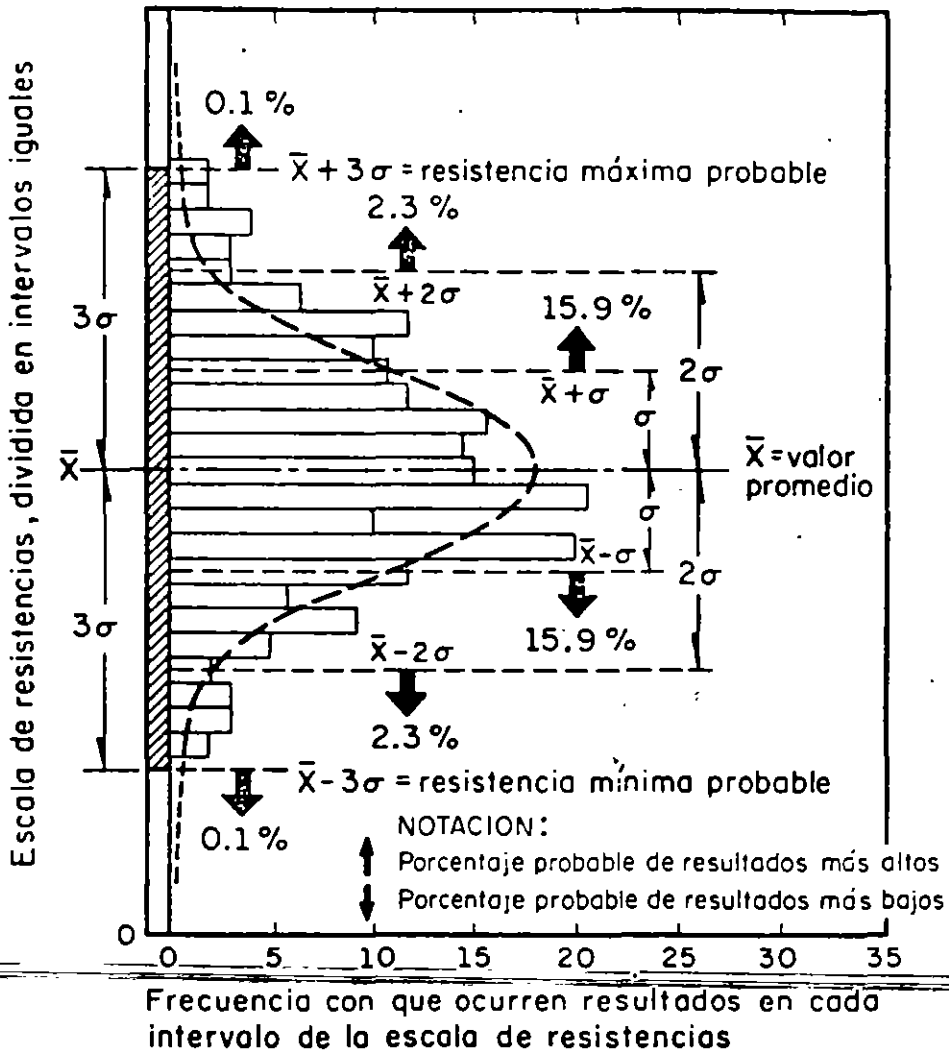


Fig 1.4. Distribución de frecuencias de resultados de resistencia en un conjunto numeroso, cuando sus variaciones son atribuibles a causas fortuitas

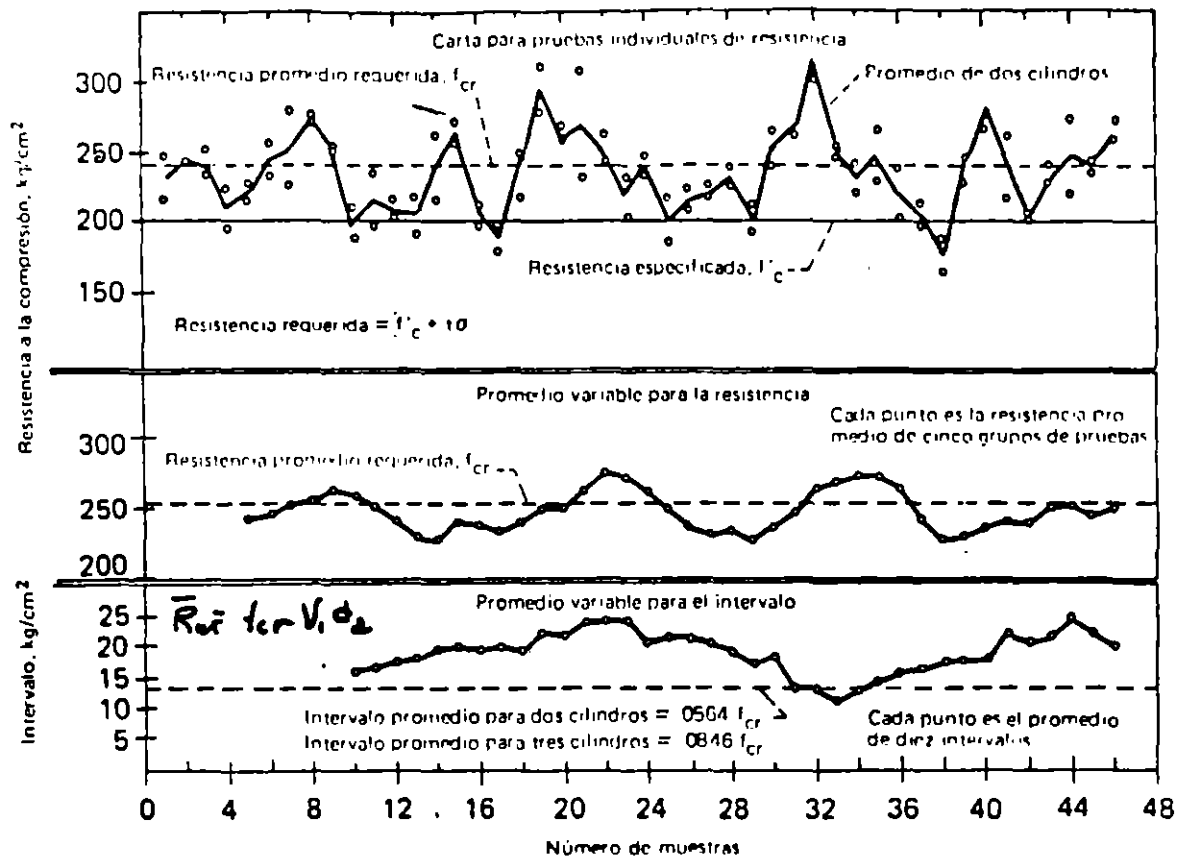
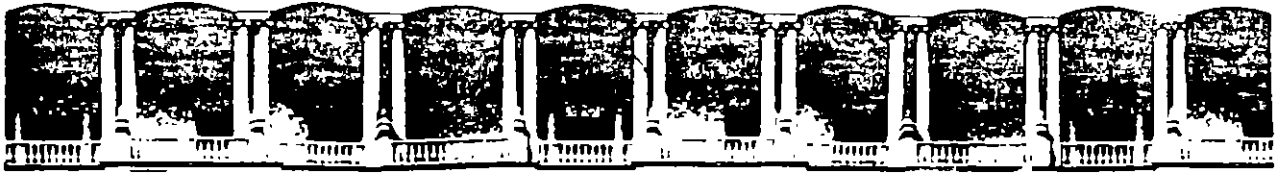


Fig. 4.4.- Cartas de control de calidad para el concreto



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS EN EL
COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO

M. EN I. CARLOS L. MENDOZA
ESCÓBEDO

INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Carlos Javier Mendoza E.

Introducción

En una mezcla de concreto los agregados constituyen cuando menos tres cuartas partes de su volumen total, por lo que la calidad de éstos tienen una importancia definitiva en la resistencia, durabilidad y comportamiento de las estructuras construidas con ellos.

Por otro lado, los agregados son más económicos que el cemento, por lo que resulta ventajoso usar la mayor cantidad posible de ellos, a parte de que el empleo de volúmenes importantes de agregados da al concreto mayor estabilidad volumétrica y durabilidad.

Influencia de la forma y textura del agregado en la trabajabilidad y resistencia

La forma y textura superficial del agregado grueso tienen una influencia considerable en la resistencia del concreto, particularmente en la resistencia a flexión y son particularmente significativas en los concretos de alta resistencia.

La contribución de la forma y textura del agregado grueso en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto no se conoce, pero posiblemente una textura rugosa dé como resultado una fuerza de adhesión más grande entre las partículas y la matriz de cemento. De igual forma, una superficie de contacto más grande en los agregados angulosos significa que se puede desarrollar una mayor fuerza adhesiva. En la tabla 1 se hace una estimación cuantitativa de la manera en que la forma, la textura

superficial y el módulo de elasticidad del agregado afecta a las resistencias a flexión y compresión del concreto.

La forma y textura del agregado fino tiene un efecto significativo en el requerimiento de agua de mezclado, ya que estas propiedades se pueden expresar en forma indirecta en función del porcentaje de huecos que quedan en la arena en condición suelta. La influencia de los huecos entre las partículas del agregado grueso es menos definitiva en el consumo de agua, sin embargo, la forma del agregado grueso, y en particular el agregado grueso lajeado, tiene un efecto considerable en la trabajabilidad del concreto.

La influencia de las propiedades de los agregados en la trabajabilidad de crece con el consumo de cemento y posiblemente desaparece cuando la relación agregado/cemento es del orden de 2.5.

La influencia en la granulometría en la segregación es importante, pero esta depende mayormente del método de manejar y colocar el concreto. También el empleo de agregado grueso con peso específico muy diferente del que tiene el agregado fino aumenta la tendencia a la segregación.

Las propiedades físicas del agregado fino, especialmente el más pequeño que la malla #100 (150 μm), puede afectar el sangrado del concreto.

La forma del agregado influye en la bombeabilidad de una mezcla, en general son preferibles arenas naturales y gravas redondeadas a los agregados triturados, pero puede hacerse una mezcla con características adecuadas para ser bombeada con una combinación apropiada de fracciones de agregados triturados.

Si la superficie del agregado es porosa los huecos internos pueden no estar totalmente saturados aún cuando estén completamente humedecidos. Cuando se aplica la presión en la línea, el aire en estos vacíos se contrae y el agua se introduce en los poros, dando como resultados que las mezclas sean más secas y poco manejables. Si se suspende el

bombeo y se libera la presión, se libera también el agua de los agregados; esta agua puede arrastrar materiales finos, formando un tapón cuando se reinicia el bombeo.

Influencia de la resistencia del agregado en el comportamiento del concreto

La resistencia a compresión del concreto no puede exceder a la del agregado con el que se fabrica. Sin embargo, la resistencia a compresión del agregado tal como se encuentra es difícil de determinar y la información requerida tiene que obtenerse a través de pruebas indirectas: resistencia a compresión de muestras labradas de la roca, valor al aplastamiento del agregado grueso, o comportamiento del agregado en el concreto.

Lo anterior implica que se deben hacer algunos ensayos previamente con el agregado que se pretende usar y compararlos con la respuesta de otros concretos de calidad conocida. Si el agregado bajo ensayo conduce a una resistencia a compresión más baja que la del concreto de referencia, y en particular si numerosas partículas individuales de agregados aparecen fracturadas después de que el espécimen se ha ensayado, la resistencia del agregado es inferior a la de la mezcla de concreto a la cual se le incorporó, por tanto, tales agregados solo deben usarse en mezcla de baja resistencia.

Una resistencia inadecuada del agregado representa una limitación ya que las propiedades del agregado tiene cierta influencia en la resistencia del concreto, aún cuando sea suficientemente resistente para no fracturarse prematuramente. Si se comparan concretos hechos con diferentes agregados se puede observar que la influencia del agregado en la resistencia del concreto es cualitativamente la misma, independientemente del proporcionamiento de la mezcla y de que el concreto se ensaye en compresión o tensión. Es posible que la influencia del agregado sobre la resistencia del concreto se deba no solamente a la resistencia mecánica del agregado sino también, y en grado considerable, a sus características de

absorción y adherencia.

En general la resistencia y elasticidad del agregado depende de su composición, textura y estructura así, una baja resistencia se puede deber a una debilidad de los granos constituyentes, a que los granos, no obstante de ser suficientemente resistentes, no están bien ligados o cementados.

El módulo de elasticidad del agregado aunque se determina rara vez, no deja de tener importancia, ya que el módulo de elasticidad del concreto es más grande a medida que mayor es el módulo de elasticidad de los agregados constituyentes. El módulo de elasticidad del agregado afecta también la magnitud de la deformación diferida y de la contracción que puede presentarse en el concreto.

Por otro lado, el agrietamiento vertical de un espécimen sujeto a compresión uniaxial comienza bajo carga del orden de 50 a 75 por ciento de la carga última. El esfuerzo al que se forman las grietas depende en gran parte de las propiedades del agregado grueso: gravas lisas conducen al agrietamiento a esfuerzos más bajos que los requeridos con rocas trituradas, asperas y angulosas, debido probablemente a que la adherencia mecánica está influenciada por las propiedades de la superficie y, en cierta manera, por la forma del agregado grueso.

Las propiedades de los agregados afectan la carga de agrietamiento en compresión y la resistencia en flexión de la misma manera, por lo que la relación entre las dos cantidades es independiente del tipo del agregado usado, fig 1. Por otra parte la relación entre las resistencias a flexión y compresión depende del tipo de agregado grueso, ya que las propiedades del agregado, especialmente su textura superficial, afectan la resistencia última en compresión mucho menos que la resistencia en tensión o la carga de agrietamiento en compresión, fig 2, ref 1.

La influencia del tipo de agregado grueso en la resistencia del concreto varía en magnitud y depende de la relación agua/cemento de la mezcla.

Para relaciones agua/cemento inferiores a 0.4 el empleo de agregados triturados ha dado como resultado resistencias hasta 38 por ciento superiores que cuando se emplean gravas redondeadas. Con incremento en la relación agua/cemento la influencia del agregado disminuye, posiblemente debido a que la resistencia de la pasta misma es determinante, y a relaciones agua/cemento de 0.65 no se observa diferencias entre las resistencias alcanzadas con agregados triturados o gravas redondeadas.

La influencia del agregado en la resistencia a flexión parece depender también de la condición de humedad del concreto en el momento del ensaye.

Influencia de los agregados en el módulo de elasticidad del concreto

Las propiedades de los agregados también influyen en el módulo de elasticidad del concreto; mientras más alto sea el módulo de elasticidad del agregado, mayor será el módulo de elasticidad del concreto. La forma de las partículas de agregado y sus características superficiales pueden influir también en el valor del módulo de elasticidad del concreto y en la curvatura de la relación esfuerzo-deformación.

Es interesante hacer notar que los dos componentes del concreto, pasta de cemento y agregado, cuando están sujetos a esfuerzos en forma individual presentan una relación esfuerzo-deformación sensiblemente lineal. La razón para el comportamiento no lineal en el material compuesto (concreto) se debe a la presencia de interfases entre la pasta de cemento y el agregado y al desarrollo de microagrietamiento en esas interfases. Debido a que las grietas se desarrollan progresivamente en las interfases, hay un incremento progresivo en la intensidad del esfuerzo local y en la magnitud de la deformación, por lo que la deformación se incrementa más rápidamente que el esfuerzo promedio aplicado y la curva esfuerzo-deformación se hace cóncava hacia abajo con un comportamiento pseudo-plástico.

La relación entre módulo de elasticidad y resistencia depende también de la proporción de la mezcla (el agregado por lo general tiene un módulo

mayor que el de la pasta de cemento) y de la edad del concreto; a edades mayores (mayores resistencias) el módulo se incrementa más rápidamente que la resistencia. Esto se muestra en la fig 3, la cual también da resultados para concretos hechos con agregados de arcilla expandida. El módulo de elasticidad del concreto de agregado ligero no se incrementa con la resistencia en la misma proporción y su valor está entre 40 y 80 por ciento del módulo del concreto de agregado ordinario de la misma resistencia. Dado que el módulo del agregado ligero difiere poco del módulo de la pasta del cemento, la proporción con que se encuentra en la mezcla no afecta al módulo de elasticidad de los concretos de agregados ligeros.

Influencia de los agregados en la contracción

Los agregados restringen la contracción que se puede presentar. El tamaño y granulometría del agregado por ellos mismos no influyen en la magnitud de la contracción, pero un agregado más grande permite el uso de mezclas más pobres y origina, por tanto, una contracción menor.

Similamente, para una resistencia dada, el concreto de baja trabajabilidad contiene más agregado que uno de alta trabajabilidad hecho con agregados del mismo tamaño y, como consecuencia, la primera mezcla presentará una contracción más pequeña.

La influencia combinada de la relación agua-cemento y contenido de agregado puede presentarse en una gráfica; esto se hace en la fig 4 pero debe recordarse que los valores de contracción dados son solamente típicos para el secado en climas templados.

Las propiedades elásticas de los agregados determinan el grado de restricción ofrecido. Por ejemplo, los agregados de acero conducen a una contracción un tercio menor y los agregados de arcilla expandida un tercio mayor que la que permiten los agregados ordinarios. La presencia de arcilla en el agregado reduce su efecto restrictivo en la contracción, y dado que la arcilla misma está sujeta a contracción, la presencia de arcilla en el recubrimiento de los agregados puede incrementar la contracción hasta en 70 por ciento.

Dentro del intervalo de agregados normales hay una variación considerable en la contracción, fig 5. El agregado natural común no se contrae por si mismo, pero existen algunos agregados que presentan contracciones por secado de hasta 900×10^{-6} , similar a la contracción que presenta el concreto fabricado con agregados sin contracción. Las rocas que presentan contracciones usualmente tienen alta absorción y este hecho debe servir como advertencia para investigar sus propiedades en relación con la contracción.

El agregado ligero usualmente conduce a contracciones más grandes que el agregado de peso normal, debido principalmente a que el agregado, teniendo un módulo de elasticidad más bajo, presenta menos restricciones a la contracción potencial de la pasta de cemento. Los materiales ligeros que tienen una proporción importante de material más pequeño que la malla 200 (75 μm) tienen una contracción aun más grande, dado que la finura conduce a un contenido mayor de vacíos.

El contenido de agua de una mezcla de concreto afecta la contracción por que reduce el volumen de los agregados que la restringe, siguiendo la tendencia mostrada en la fig 6, pero el contenido de agua por si mismo se piensa que no es un factor determinante.

Efecto del agregado en la deformación diferida

En la mayor parte de los casos el agregado de peso normal no está sujeto ~~a deformación diferida, por lo que es razonable suponer que el origen de~~ la deformación diferida está en la pasta de cemento, pero los agregados influyen en la deformación diferida del concreto a través de un efecto de restricción, similar al que se presenta en el caso de la contracción y dependiente de algunas propiedades físicas de las rocas de las cuales provienen.

Debido a la gran variación de los agregados dentro cualquier tipo mineralógico y petrográfico, no es posible establecer de una manera general la magnitud de la deformación diferida del concreto hecho con agregados de

diferentes tipos. Sin embargo, los datos de la fig 7 son de importancia considerable; después de 20 años de conservados a una humedad relativa de 50 por ciento, el concreto hecho con areniscas presenta una deformación diferida más del doble de la obtenida con calizas. Una diferencia aún más grande entre la deformación diferida del concreto hecho con diferentes agregados fue encontrada por Rüsck et al, después de 18 meses bajo carga a una humedad relativa de 65 por ciento, la máxima deformación diferida fue cinco veces el valor mínimo; los agregados en orden creciente de deformación diferida son: basalto y cuarzo; grava, marmol y granito; y arenisca.

El agregado ligero merece atención especial porque la opinión generalizada sugiere que su uso conduce a deformación diferida sustancialmente más alta que la alcanzada con agregado de peso normal. Trabajos recientes indican que no hay diferencia fundamental entre agregados normal y ligero en lo que se refiere a la deformación diferida y que la deformación diferida más alta de los concretos ligeros refleja solamente el módulo de elasticidad más bajo de los agregados. No hay diferencia en el comportamiento inherente al hecho de que los agregados estén o no cubiertos o a que sean obtenidos por procesos de manufactura diferente; esto no significa que todos los agregados conducen a la misma deformación diferida.

Como regla general se puede establecer que la deformación diferida del concreto de calidad estructural de agregado ligero es aproximadamente la misma que la del concreto hecho con agregado ordinario. (Es importante en cualquier comparación que el contenido de agregado no difiera mucho entre el concreto de agregado ligero y el concreto de agregado normal). Más aun, siendo la deformación elástica de los concretos con agregados ligeros mayor que la que tienen los concretos ordinarios, la relación deformación diferida a deformación elástica es más pequeña para los concretos de agregados ligeros.

Características de los concretos comunes en el Distrito Federal

Los concretos usualmente empleados en el Distrito Federal están fabricados con gravas y arenas de origen piroclástico (gravas y arenas andesíticas y basaltos escoriaáceos) las cuales son relativamente ligeras y muy absorbentes. Esta situación ha dado como consecuencia que las propiedades de estos concretos difieran en forma sustancial de las consideradas como comunes. En la tabla 2 se presentan los valores alcanzados en un estudio realizado al respecto y se comparan con aquellos considerados como comunes, ref 2. Como resultado de ese estudio se alcanzaron las siguientes conclusiones:

1. El empleo de agregados de baja densidad y alta absorción en la fabricación de concretos, conduce a obtener concretos con deformaciones mayores que las usuales.
2. Los concretos fabricados con grava de basalto escoriaáceo presentaron incrementos de resistencia más grandes respecto a la alcanzada a los 28 días en relación con los incrementos observados en los concretos fabricados con gravas andesíticas.

En cuanto a las arenas, los mayores incrementos se alcanzaron en los concretos fabricados con las arenas con menor contenido de polvos.

3. Las expresiones que correlacionan la resistencia a compresión a una edad cualquiera con la alcanzada a los 28 días se indican a continuación:

Concretos con grava y arena andesíticas

$$f_c = \frac{t}{8.4 + 0.7t} f'_c \quad , \text{ kg/cm}^2$$

concretos con grava de basalto escoriaáceo y arena andesítica

$$f_c = \frac{t}{9.3 + 0.67t} f'_c \quad , \text{ kg/cm}^2$$

4. Las expresiones que correlacionan la resistencia a tensión por flexión con la resistencia a compresión son las siguientes:

Concretos con grava y arena andesítica

$$f_f = 1.9 \sqrt{f'_c} \quad , \quad \text{kg/cm}^2$$

concretos con grava de basalto escoriaeo y arena andesítica

$$f_f = 2.1 \sqrt{f'_c} \quad , \quad \text{kg/cm}^2$$

5. Las expresiones para determinar el módulo de elasticidad a partir de la resistencia a compresión son:

concretos con grava y arena andesítica

$$E_c = 8500 \sqrt{f'_c} \quad , \quad \text{kg/cm}^2$$

concretos con grava de basalto escoriaeo y arena andesítica

$$E_c = 11000 \sqrt{f'_c} \quad , \quad \text{kg/cm}^2$$

6. La relación de Poisson para concretos andesíticos ensayados a 28 días de edad, varía de 0.25 para una resistencia de 100 kg/cm² a 0.35 para 500 kg/cm² de resistencia a compresión. Un valor medio de 0.30 se recomienda tomar para la mayor parte de las resistencias usuales.

7. El módulo de rigidez por cortante para concretos andesíticos se puede calcular con la expresión:

$$G = 3300 \sqrt{f'_c} \quad , \quad \text{kg/cm}^2$$

estando G y f'_c expresados en kg/cm²

8. La deformación unitaria correspondientes al esfuerzo máximo (ϵ_0) varía con el tipo de agregado grueso y con el nivel de resistencia del concreto. Valores representativos de este comportamiento, correspondientes a resistencias a compresión entre 200 y 300 kg/cm² pueden ser:

Concretos con agregado andesíticos

$$\epsilon_0 = 0.004$$

Concretos con agregado grueso de basalto escoriaéreo y arena andesítica

$$\epsilon_0 = 0.003$$

9. La curva esfuerzo-deformación se puede obtener con la expresión

$$f_c = \frac{2f'_c \epsilon}{\epsilon_0 \left| 1 + \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} \right)^2 \right|}, \text{ kg/cm}^2$$

en la que los valores de f'_c y ϵ_0 se seleccionan de acuerdo con las características de los concretos

10. La contracción por secado registrada fue inversamente proporcional al contenido de agregado grueso en la mezcla y directamente proporcional al contenido de polvos en las arenas utilizadas. El tipo de agregado grueso también tuvo influencia, presentando menos contracción los concretos hechos con grava de basalto escoriaéreo.

11. La contracción por secado a cualquier edad se puede estimar con las siguientes expresiones:

Concretos con grava andesítica y arena andesítica con exceso de polvos.

$$\epsilon_t = \frac{t^{0.93}}{10 + t^{0.93}} 1300 \times 10^{-6}$$

concretos con grava andesítica y arena andesítica con pocos polvos

$$\epsilon_t = \frac{t^{0.71}}{10 + t^{0.71}} 1300 \times 10^{-6}$$

concretos con grava de basalto escoriaáceo y arena andesítica con exceso de polvos

$$\epsilon_t = \frac{t^{0.84}}{16 + t^{0.84}} 1100 \times 10^{-6}$$

concretos con grava de basalto escoriaáceo y arena andesítica con pocos polvos

$$\epsilon_t = \frac{t^{0.81}}{17 + t^{0.81}} 1000 \times 10^{-6}$$

Los valores determinados con estas expresiones habrán que afectarlos por los factores de corrección para tomar en cuenta las características del material y las condiciones del medio ambiente.

12. La tendencia al agrietamiento, medida como la presencia o ausencia de grietas, depende no solamente de la contracción potencial sino también de la deformabilidad del concreto, su resistencia y el grado de restricción a la deformación, lo que puede conducir al agrietamiento.
13. El coeficiente de deformación diferida resulta mayor para los concretos más rígidos (mayor módulo de elasticidad), por lo que las deformaciones totales, incluyendo deformaciones instantáneas y a largo plazo, vienen a ser del mismo orden, independientemente del tipo de agregado grueso utilizado.
14. Para un mismo tipo de agregado grueso el empleo de arenas con muchos finos, incrementa notoriamente el coeficiente de la deformación diferida.

15. El coeficiente de la deformación diferida en condición estándar para cualquier edad (en días) se puede determinar con las siguientes expresiones:

concretos con grava andesítica y arena andesítica con exceso de polvos

$$C_t = \frac{t^{0.60}}{10 + t^{0.60}} \quad 5.65$$

concretos con grava andesítica y arena andesítica con pocos polvos

$$C_t = \frac{t^{0.55}}{11 + t^{0.55}} \quad 3.12$$

concretos con grava de basalto escoriáceo y arena andesítica con exceso de polvos

$$C_t = \frac{t^{0.80}}{46 + t^{0.80}} \quad 7.14$$

concretos con grava de basalto escoriáceo y arena andesítica con pocos polvos

$$C_t = \frac{t^{0.66}}{21 + t^{0.66}} \quad 3.88$$

16. La deformación diferida afecta las deformaciones y las deflexiones y en ocasiones la distribución de esfuerzos; sin embargo, afecta poco la resistencia última de los elementos estructurales y ayuda a la relevación de esfuerzo originados por contracciones, cambios de temperatura o movimiento de los apoyos.

Recomendaciones para los concretos estructurales futuros en el Distrito Federal

Conocidas las características y deficiencias de los concretos utilizados comúnmente en la ciudad de México es conveniente plantear algunas medidas correctivas a la práctica usual, sobre todo si se toma en cuenta el com-

portamiento poco favorable de algunas estructuras de concreto durante los recientes sismos.

En relación con los materiales pétreos se buscará, por una parte, emplear agregados gruesos que presenten la mayor densidad posible y agregados finos con el menor contenido de polvos que sea factible desde el punto de vista económico. Estas dos características conducirán a obtener concretos, para una resistencia dada, con mayor módulo de elasticidad y, por tanto, con menor deformación instantánea, menor contracción por secado, por restringir mejor estas deformaciones, y menor deformación diferida.

En cuanto a las mezclas de concreto, se emplearán aquellas con mayor contenido de agregado grueso compatible con la trabajabilidad de la misma. Lo anterior conduciría, por una parte, a menores consumos de agua los que a su vez se traduce en menor contenido de vacíos y por tanto mayores resistencias relativas, menores deformaciones y contracciones, así como menor deformación diferida.

Para satisfacer estas recomendaciones se pueden sustituir las gravas andesíticas y las de basalto escoriaéreo por otras substituidas de origen calizo o de basalto sano y denso. Estas pueden alcanzar densidades superiores a 2.6, en comparación con 2.3 que tienen las andesíticas o 2.0 los basaltos escoriaéreos.

En cuanto a la arena andesítica es difícil sustituirla por otra de mejores características que se encuentre a distancias razonables de la ciudad de México, por lo que será necesario seguirlas empleando, limitando el contenido de polvos de las mismas. Un valor límite deseable en el contenido de polvo podría ser 5 por ciento.

En cuanto a la trabajabilidad de las mezclas se deberá limitar el reventamiento a 10 cm. Las relaciones arena/agregados totales a valores no superiores 0.45, en volumen absoluto.

En pruebas realizadas con un agregado calizo y con una arena con densidad de 2.4 y 5 por ciento de polvos se obtuvieron los siguientes parámetros, ref 3:

Peso volumétrico	2260 kg/m ³
Módulo de elasticidad	14100 $\sqrt{f'_c}$ en kg/cm ²
Contracción por secado última	900 X 10 ⁻⁶
Coefficiente de deformación diferida última	2.4

Lo anterior indica que con estos materiales se pueden tener parámetros del comportamiento del concreto en las estructuras muy cercanos a aquellos considerados como comunes.

Referencias

1. Neville, A.M. "Properties of concrete" Pitman Publishing LTD, London, 1975
2. C.J. Mendoza "Propiedades mecánicas de los concretos fabricados en el Distrito Federal" Informe 495, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1985.
3. C.J. Mendoza "Comportamiento a corto y largo plazo de vigas presforzadas de concreto" Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1985.

TABLA 1. VALORES RELATIVOS PROMEDIO DEL EFECTO DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO (KAPLAN)

Propiedades del concreto	Efecto relativo de las propiedades de los agregados, por ciento		
	Forma	Textura superficial	Módulo de elasticidad
Resistencia a flexión	31	26	43
Resistencia a compresión	22	44	34

Los valores representan la relación de variancia debida a cada propiedad a la variancia total obtenida para las tres características de los agregados en pruebas realizadas sobre tres mezclas hechas con 13 agregados.

TABLA 2. COMPARACION ENTRE CARACTERISTICAS DE CONCRETOS COMUNES Y LOS QUE SON FACTIBLES DE FABRICAR EN EL DISTRITO FEDERAL

<u>Características</u>	<u>Comunes</u>	<u>Andesítica</u>	<u>Basalto Escoreáceo</u>	<u>Calizas</u>
Resistencia a tensión	$2.5 \sqrt{f'_c}$	$1.9 \sqrt{f'_c}$	$2.1 \sqrt{f'_c}$	—
Módulo de elasticidad	$14900 \sqrt{f'_c}$	$8500 \sqrt{f'_c}$	$11000 \sqrt{f'_c}$	$14000 \sqrt{f'_c}$
Relación de Poisson	0.15 - 0.20	0.30	—	—
Módulo de rigidez	$6500 \sqrt{f'_c}$	$3300 \sqrt{f'_c}$	—	—
Deformación unitaria al esfuerzo máximo	0.003	0.004	0.003	—
Contracción por secado última	800×10^{-6}	1300×10^{-6}	1100×10^{-6}	900×10^{-6}
Coefficiente de de formación diferida última	1.30 - 4.15	3.12 x 5.65	3.88 - 7.14	2.4

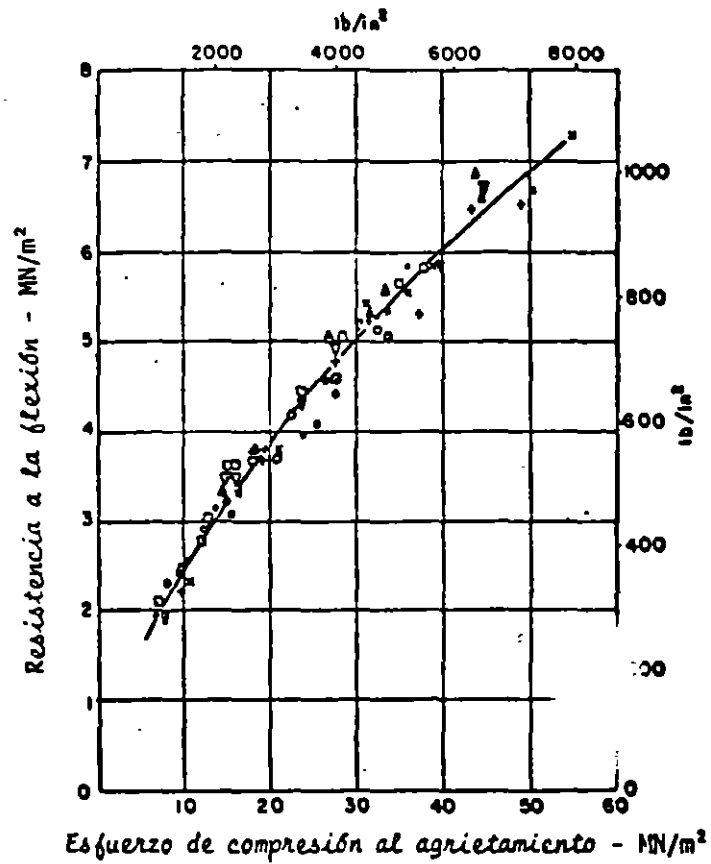


Fig 1. Relación entre resistencia a flexión y esfuerzo de compresión al agrietamiento para concretos hechos con diferentes agregados gruesos (ref 1)

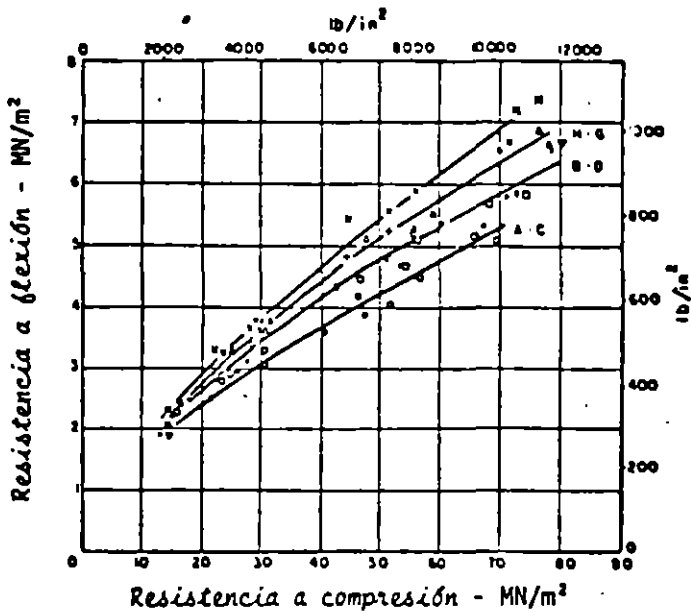


Fig. 2. Relación entre resistencia a flexión y compresión para concretos hechos con diferentes agregados (ref 1)

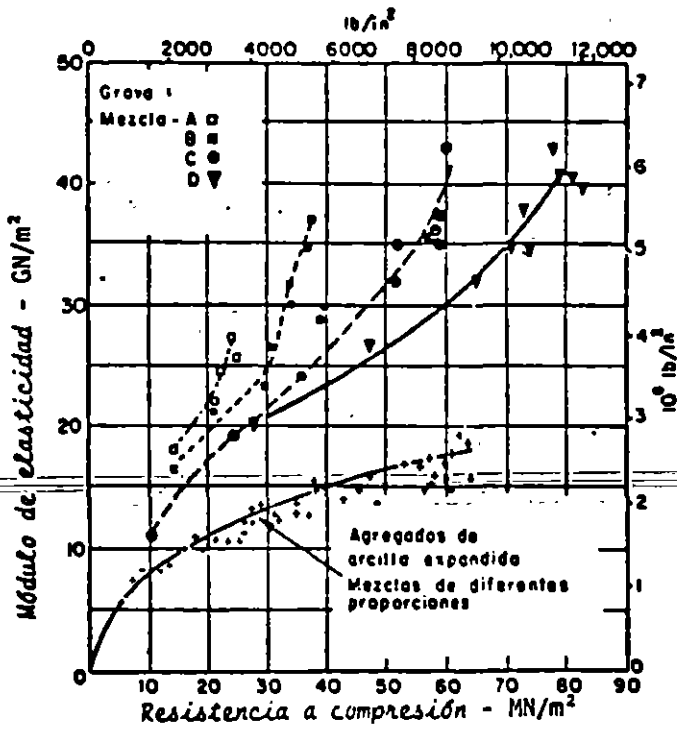


Fig. 3. Módulo de elasticidad estático de concretos hechos con agregados gruesos de río y de arcilla expandida, y ensayados a diferentes edades hasta un año (ref 1)



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : CARACTERISTICAS GENERALES DEL CONCRETO Y
ACERO**

1996

CAPÍTULO 2

Características generales del concreto y del acero

2.1 Introducción./ 2.2 Características esfuerzo-deformación del concreto simple./ 2.3 Efectos del tiempo en el concreto endurecido./ 2.4 Fatiga./ 2.5 Módulos elásticos./ 2.6 Deformaciones por cambios de temperatura./ 2.7 Algunas características de los aceros de refuerzo.

2.1 Introducción

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

El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero es débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras, colocado en las zonas donde se prevé que se desarrollarán tensiones bajo las acciones de servicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto.

El uso del refuerzo no está limitado a la finalidad anterior. También se emplea en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento reforzado, para reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al con-

creto, lo que indirectamente aumenta su resistencia a la compresión.

La combinación de concreto simple con refuerzo constituye lo que se llama *concreto reforzado*.

El concreto presforzado es una modalidad del concreto reforzado, en la que se crea un estado de esfuerzos de compresión en el concreto antes de la aplicación de las acciones. De este modo, los esfuerzos de tensión producidos por las acciones quedan contrarrestados o reducidos. La manera más común de presforzar consiste en tensar el acero de refuerzo y anclarlo en los extremos del elemento.

Para dimensionar estructuras de concreto reforzado es necesario utilizar métodos que permitan combinar el concreto simple y el acero, de tal manera que se aprovechen en forma racional y económica las características especiales de cada uno de ellos. Esto implica el conocimiento de estas características; en las páginas siguientes se describirán algunas de las más importantes.

Existen otras características del concreto, tales como su durabilidad, permeabilidad, resistencia al fuego, a la abrasión, a la intemperie, etc., que no se tratarán, ya que no es necesario su conocimiento detallado para establecer métodos de dimensionamiento. El lector puede consultar a este respecto algún texto de tecnología del concreto, como los de Neville [2.2, 2.19], el de Troxell, Davis y Kelly [2.1] o el de Orchard [2.3], recomendados al final de este capítulo.

2.2 Características esfuerzo-deformación del concreto simple

Se ha indicado que el objeto principal del estudio del comportamiento del concreto es la obtención de las relaciones acción-respuesta del material, bajo la gama total de sollicitaciones a que puede quedar sujeto. Estas características acción-respuesta pueden describirse claramente mediante curvas esfuerzo-deformación de especímenes ensayados bajo distintas condiciones.

En este caso, el esfuerzo es comúnmente una medida de la acción ejercida en el espécimen, y la deformación, una medida de la respuesta. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en algunos casos, como por ejemplo en asentamientos y contracciones, esta relación se invierte; es decir, las solicitaciones quedan medidas por la deformación y la respuesta está representada por los esfuerzos respectivos.

Para conocer el comportamiento del concreto simple es necesario determinar las curvas esfuerzo-deformación correspondientes a los distintos tipos de acciones a que puede estar sometido. En el caso más general sería necesario analizar todas las combinaciones de acciones a que puede estar sujeto un elemento. Hasta la fecha, sólo se han establecido las relaciones esfuerzo-deformación para las combinaciones más comunes. Así, se han hecho estudios sobre el comportamiento del concreto sujeto a estados uniaxiales de compresión y tensión, a estados biaxiales de compresión y tensión, y a estados triaxiales de compresión.

2.2.1 *Modos de falla y características esfuerzo-deformación bajo compresión axial*

MODOS DE FALLA

La figura 2.1 muestra un cilindro de concreto simple ensayado en compresión axial. En cilindros con relación de lado a diámetro igual a dos, como el que se muestra en la figura, la falla suele presentarse a través de planos inclinados respecto a la dirección de la carga. Esta inclinación es debida principalmente a la restricción que ofrecen las placas de apoyo de la máquina contra movimientos laterales. Si se engrasan los extremos del cilindro para reducir las fricciones, o si el espécimen es más esbelto, las grietas que se producen son aproximadamente paralelas a la dirección de aplicación de la carga. Al comprimir un prisma de concreto en estas condiciones, se desarrollan grietas en el sentido paralelo al de la compresión, porque el concreto se expande transversalmente.

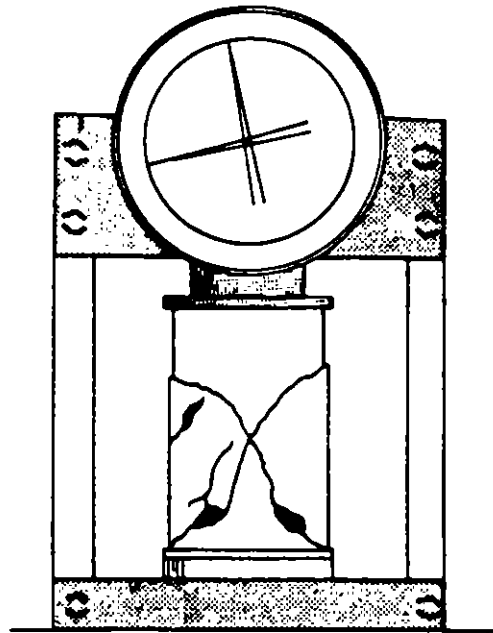


Figura 2.1 Falla en compresión de un cilindro de concreto.

Las grietas se presentan de ordinario en la pasta y muy frecuentemente entre el agregado y la pasta. En algunos casos también se llega a fracturar el agregado. Este microgrietamiento es irreversible y se desarrolla a medida que aumenta la carga, hasta que se produce el colapso.

CURVAS ESFUERZO-DEFORMACIÓN

Las curvas esfuerzo-deformación se obtienen del ensaye de prismas sujetos a carga axial repartida uniformemente en la sección transversal mediante una placa rígida. Los valores del esfuerzo resultan de dividir la carga total aplicada, P , entre el área de la sección transversal del prisma, A , y representan valores promedio obtenidos bajo la hipótesis de que la distribución de deformaciones es uniforme y de que las características esfuerzo-deformación del concreto son constantes en toda la masa. El valor de la deformación unitaria, ϵ_c , es la relación entre el acortamiento total, a , y la longitud de medición, l (figura 2.2).

Puesto que el concreto es un material heterogéneo, lo anterior es una idealización del fe-

nómeno. Según la distribución de la pasta y del agregado en la masa, los esfuerzos, considerados como la carga soportada en un área diferencial, variarán de un punto a otro de una misma sección. Sin embargo, esta variación no es significativa desde el punto de vista del diseño estructural.

CURVA TÍPICA BAJO CARGA DE CORTA DURACIÓN

La curva que se presenta en la figura 2.2 corresponde a un ensaye efectuado en un tiempo relativamente corto, del orden de unos cuantos minutos desde la iniciación hasta el colapso. Se puede apreciar que el concreto no es un material elástico y que la parte inicial de estas curvas no es rigurosamente recta. Sin embargo, sin gran error puede considerarse una porción recta hasta aproximadamente el 40 por ciento de la carga máxima. Se observa, además, que la curva llega a un máximo y después tiene una rama descendente. El colapso se produce comúnmente a una carga menor que la máxima.

En el ensaye de prismas o cilindros de concreto simple, la carga máxima se alcanza a una deformación unitaria del orden de 0.002, si la longitud de medición es del mismo orden de magnitud que el lado del espécimen. El colapso del prisma, que corresponde al extremo de la rama descendente, se presenta en ensayes de corta duración a deformaciones que varían entre 0.003 y 0.007, según las condiciones del espécimen y de la máquina de ensaye.

EFECTO DE LA EDAD

Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad. Este proceso de hidratación puede ser más o menos efectivo, según sean las condiciones de intercambio de agua con el ambiente, después del colado. Por lo tanto, el aumento de capacidad de carga del concreto depende de las condiciones de curado a través del tiempo.

La figura 2.3 muestra curvas esfuerzo-deformación de cilindros de 15 X 30 cm, fabricados de un mismo concreto y ensayados a distintas edades. Todos los cilindros fueron curados en las mismas condiciones hasta el día del ensaye. Las curvas se obtuvieron aplicando incrementos de deformación constantes. Se determinan así ramas descendentes más extendidas que las obtenidas comúnmente bajo incrementos constantes de carga. Se puede observar que la deformación unitaria para la carga máxima, es del orden de 0.0015 a 0.0020.

El aumento de resistencia con la edad depende también del tipo de cemento, sobre todo a edades tempranas. La figura 2.4 muestra el aumento de resistencia con la edad para cilindros de 15 X 30 cm, hechos con cemento normal (tipo I), y de alta resistencia inicial (tipo III), que son los dos tipos más empleados en estructuras de concreto reforzado. Después de los primeros tres meses, el aumento en resistencia es relativamente pequeño.

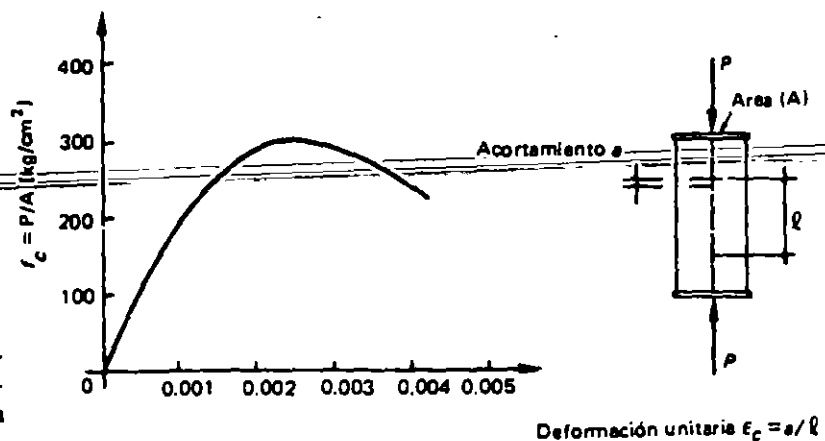


Figura 2.2 Curva esfuerzo-deformación en compresión axial de un espécimen sujeto a carga de corta duración.

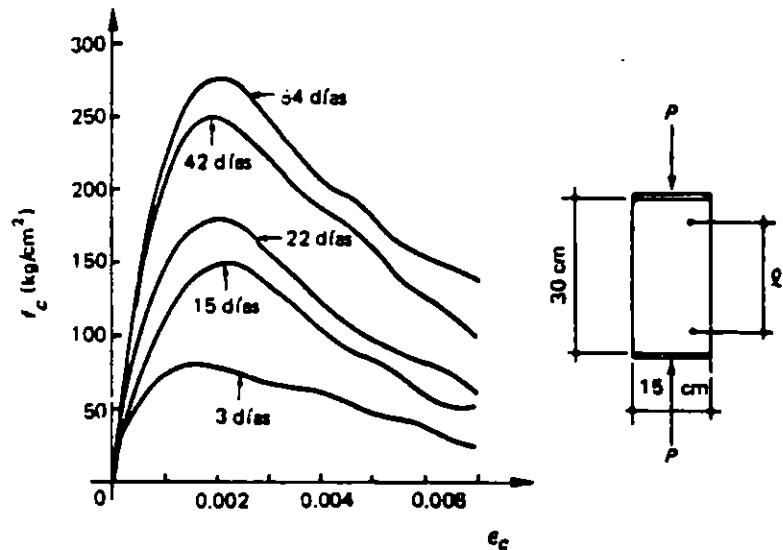


Figura 2.3 Efecto de la edad al ensayar en la resistencia.

EFFECTO DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO

La resistencia del concreto depende de la relación agua/cemento: a mayor relación agua/cemento, menor resistencia. En la figura 2.5 se presentan curvas esfuerzo-deformación, correspondientes a distintas relaciones.

Puede observarse en las figuras 2.3 y 2.5 que la forma de la curva esfuerzo-deformación depende de la resistencia. Para resistencias bajas, la pendiente de la rama descendente es muy suave. Para resistencias altas, la curva es muy pronun-

ciada en su parte superior, y la rama descendente es más corta. También se nota que la pendiente de la tangente inicial a la curva aumenta a medida que crece la resistencia.

EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE CARGA

La figura 2.6 muestra resultados de ensayos de cilindros realizados a distintas velocidades de carga. En este tipo de ensayos se aplicó la carga a una velocidad constante y se midió el tiempo necesario para alcanzar la resistencia.

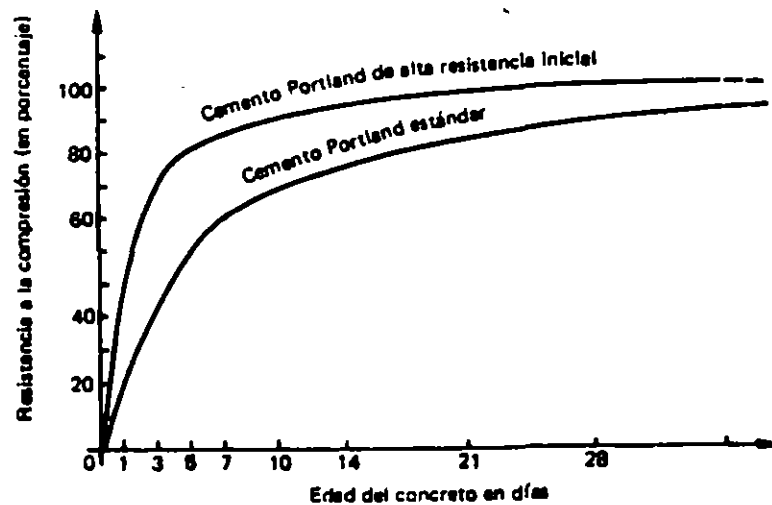


Figura 2.4 Variación de la resistencia con la edad.

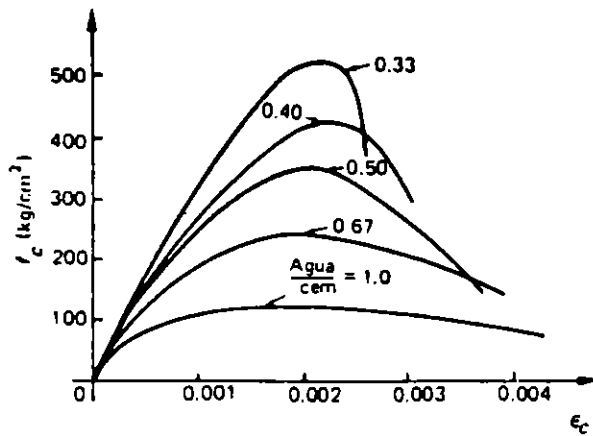


Figura 2.5 Efecto de la relación agua/cemento.

Se puede observar que la resistencia de un cilindro en el que la carga máxima se alcanza en centésimas de segundo es aproximadamente 50 por ciento mayor que la de uno que alcanzó su carga máxima en 66 segundos. Por otra parte para un cilindro en que la carga máxima se alcanza en 69 minutos, la resistencia disminuye aproximadamente en un 10 por ciento.

En ensayos a velocidad de carga constante, las ramas descendentes de las curvas esfuerzo-deformación no son muy extendidas, debido

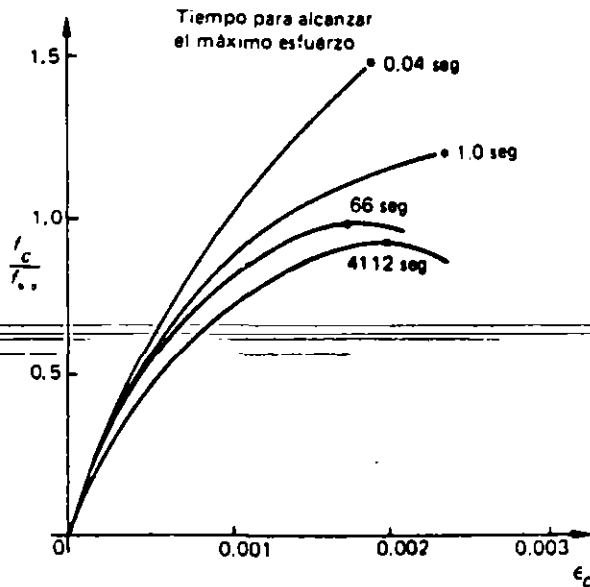


Figura 2.6 Efecto de la velocidad de carga (Ilatano [2.4]).

a que las características de las máquinas de ensayo hacen que el colapso ocurra súbitamente, una vez que se alcanza la carga máxima.

En la figura se muestra que las pendientes de las tangentes iniciales a las curvas crecen al aumentar la velocidad. No es posible determinar en todos los casos la rama descendente. Al igual que en otros tipos de ensayo, las deformaciones correspondientes a las cargas máximas son del orden de 0.002.

EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN

La figura 2.7 muestra curvas obtenidas ensayando cilindros a distintas velocidades de deformación, desde una milésima de deformación unitaria por minuto, hasta una milésima por cien días. En esta figura, $f_{c(0.001)}$ representa la resistencia obtenida cuando la velocidad de deformación unitaria en el ensayo es de 0.001 por minuto. Como puede apreciarse, esta variable tiene un efecto notable sobre las características de la curva esfuerzo-deformación, especialmente sobre la carga máxima. Si la velocidad de deformación es muy grande, la rama descendente es brusca, en tanto que si la deformación se aplica lentamente, la rama descendente es bastante suave. La deformación unitaria correspondiente a la carga máxima sigue siendo del orden de 0.002. Puede observarse que la resistencia disminuye muy poco con incrementos importantes en la duración del ensayo.

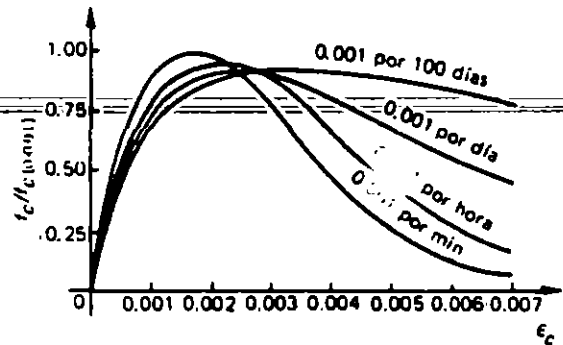


Figura 2.7 Efecto de la velocidad de deformación (Rüsch [2.5]).

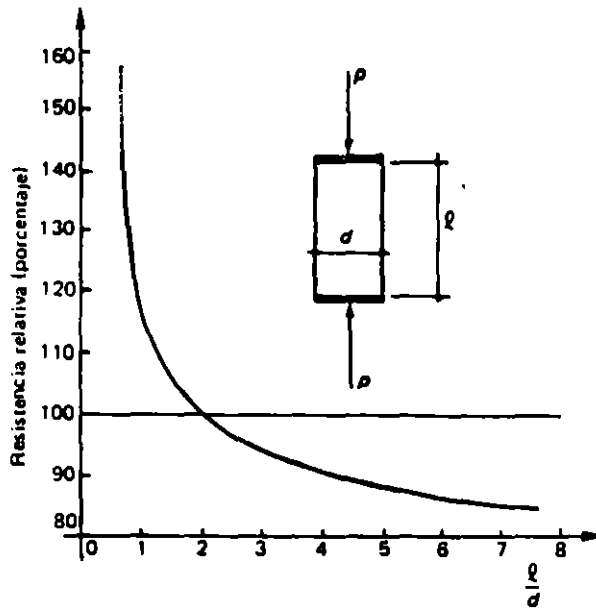


Figura 2.8 Efecto de la relación de esbeltez.

EFFECTO DE LA ESBELTEZ Y DEL TAMAÑO DEL ESPÉCIMEN

El efecto de la relación de esbeltez sobre la resistencia a la compresión de un prisma se muestra de manera cualitativa en la figura 2.8, en la que arbitrariamente se ha tomado como 100 por ciento la resistencia de un espécimen con relación de esbeltez igual a dos. Como medida de la esbeltez se toma la relación entre la longitud, medida en dirección de la carga, y el lado menor de un prisma, o el diámetro de un cilindro.

Para esbelteces mayores que dos, la resistencia baja, hasta llegar al 85 por ciento, aproximadamente, para esbelteces de seis o más. Por el contrario, para especímenes de esbelteces menores que dos, la resistencia aumenta indefinidamente, y en teoría sería infinita para un espécimen de altura nula.

En especímenes geoméricamente semejantes pero de distinto tamaño, la resistencia disminuye, dentro de ciertos límites, mientras mayor sea el espécimen. Esto es debido a que en materias frágiles, como el concreto, la probabilidad de que existan zonas de resistencia baja aumenta con el tamaño del espécimen. La fi-

gura 2.9 muestra el efecto del tamaño de un cilindro en su resistencia a la compresión.

2.2.2 Compresión triaxial

Los ensayos efectuados en cilindros de concreto bajo compresión triaxial muestran que la resistencia y la deformación unitaria correspondiente crecen al aumentar la presión lateral de confinamiento. En estos ensayos, el estado triaxial de esfuerzos se crea rodeando el espécimen de aceite a cierta presión y aplicando una carga axial hasta la falla mediante dispositivos como el ilustrado esquemáticamente en la figura 2.10 (a).

En la figura 2.10 (b) se presentan curvas esfuerzo-deformación obtenidas de los ensayos realizados por Brandtzaeg [2.6]. Corresponden a distintas presiones de confinamiento lateral, desde 38 hasta 286 kg/cm^2 . Se puede observar que el incremento de la resistencia es función directa del incremento de la presión de confinamiento. Con presiones de confinamiento adecuadas pueden obtenerse resistencias de más de 1000 kg/cm^2 .

El efecto de la presión lateral sobre la resistencia se ilustra en la figura 2.10 (c), donde se presenta una gráfica del esfuerzo axial, f_1 , necesario para producir la falla del cilindro, contra la presión lateral, f_2 . Los resultados obtenidos de los ensayos pueden representarse, aproximadamente, por medio de la expresión

$$f_1 = f'_c + 4.1 f_2 \quad (2.1)$$

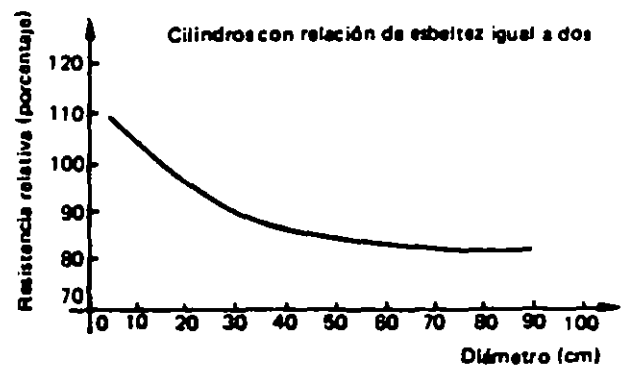


Figura 2.9 Efecto del tamaño.

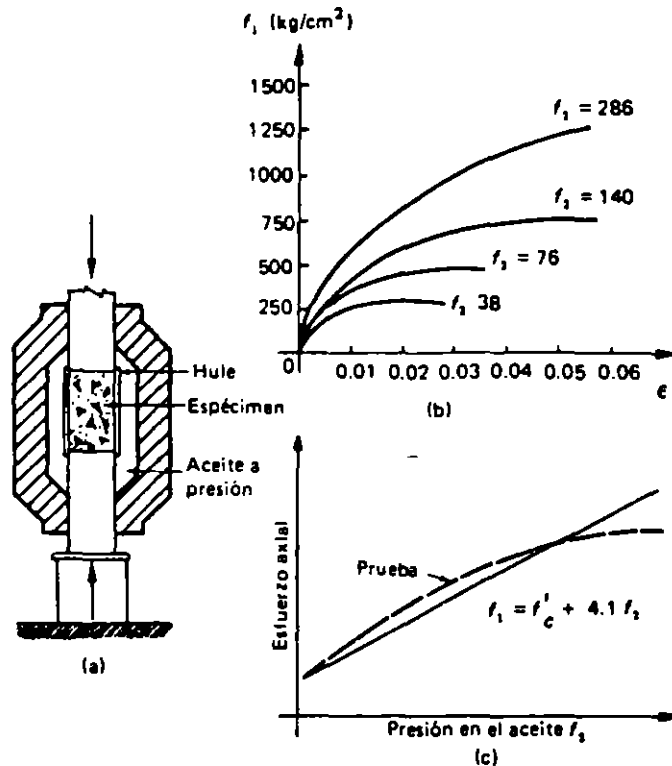


Figura 2.10 Compresión triaxial (Brandtzaeg [2.3]).

donde f'_c es la resistencia en compresión axial de un cilindro sin presión confinante. Es evidente que el efecto del confinamiento es muy importante; basta que se aplique una compresión lateral igual a la cuarta parte de la resistencia uniaxial para que ésta se duplique.

Debe notarse también el incremento notable en el valor de la deformación unitaria, correspondiente a la resistencia al incrementar la presión de confinamiento; con una presión de 38 kg/cm², la deformación unitaria correspondiente a la carga máxima aumenta diez veces respecto a la de un cilindro sin confinar.

2.2.3 Tensión

Es difícil encontrar una manera sencilla y reproducible de determinar la resistencia a tensión uniaxial. Siendo el concreto bajo esta condición un material frágil, es necesario que la sección transversal del espécimen varíe gradualmente, para evitar fallas prematuras debidas a

concentraciones de esfuerzos. La curva esfuerzo-deformación de concreto en tensión representada en la figura 2.11 se obtuvo ensayando un espécimen de sección rectangular, variable, a lo largo del mismo. Para fijarlo en la máquina de ensaye, se utilizaron placas pegadas con resina a los extremos del espécimen, las que a su vez fueron atornilladas a la máquina. Este tipo de ensaye requiere mucho cuidado para lograr resultados dignos de confianza.

Para concreto en tensión axial, tanto las resistencias como las deformaciones correspondientes son aproximadamente del orden de una décima parte de los valores respectivos en compresión axial. Sin embargo, la relación no es lineal para toda la escala de resistencias.

En 1948, Lobo Carneiro [2.7] en Brasil y, casi simultáneamente Akazawa [2.8] en Japón, idearon un procedimiento de ensaye indirecto en tensión, que se conoce como el *ensaye brasileño*. En esencia consiste en someter un cilindro a compresión lineal diametral, como se

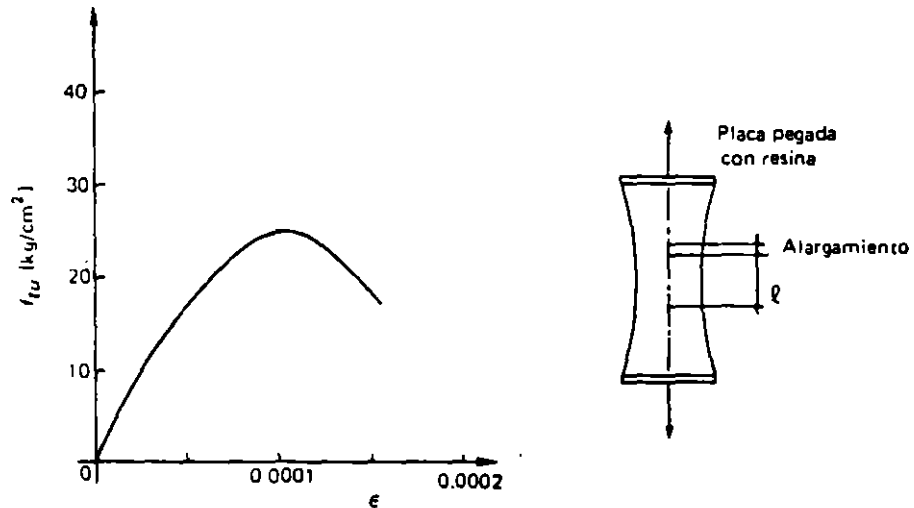


Figura 2.11 Curva esfuerzo-deformación en tensión uniaxial.

muestra en la figura 2.12 (a). La carga se aplica a través de un material relativamente suave, como triplay o corcho. Si el material fuera perfectamente elástico, se originarían esfuerzos de tensión uniformemente distribuidos en la mayor parte del plano diametral de carga, como se muestra en la figura 2.12 (b).

La resistencia en tensión se calcula con la fórmula:

$$(f_{tb})_{\max} = \frac{2P}{\pi dl} \quad (2.2)$$

deducida de la teoría de la elasticidad. (Véase, por ejemplo, la referencia 2.9.)

En la expresión (2.2):

P = carga máxima

d = diámetro del espécimen

l = longitud del espécimen

En realidad, el concreto no es elástico y, además, la resistencia en tensión que se mide no es la resistencia en tensión uniaxial como la

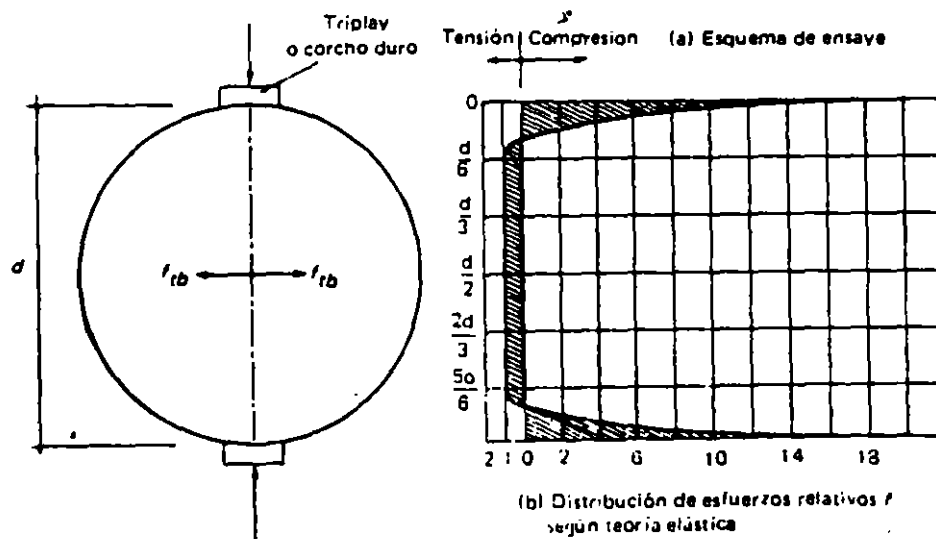


Figura 2.12 Distribución de esfuerzos y tipo de carga en tensión indirecta.

que se obtendría en el ensaye mostrado en la figura 2.11. Sin embargo, lo que se pretende es tener una medida de la resistencia del concreto a la tensión por medio de un ensaye fácil y reproducible por muchos operadores en distintas regiones. Esto se logra satisfactoriamente con el ensaye brasileño.

Para concretos fabricados con agregados de Santa Fe (ciudad de México), la relación entre la resistencia a la compresión de un cilindro y su resistencia a la tensión, obtenida del ensaye brasileño, está dada por la expresión

$$(f_{tb})_{\text{máx}} = 6 \text{ kg/cm}^2 + 0.06 f'_c \quad (2.3)$$

válida para

$$150 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 450 \text{ kg/cm}^2$$

donde

$(f_{tb})_{\text{máx}}$ = resistencia en tensión del ensaye brasileño

f'_c = resistencia a la compresión simple de un cilindro de...
15 X 30 cm.

Esta expresión es solamente aproximada y se presenta para dar una idea de los órdenes de magnitud relativos. Para valores bajos de f'_c , la resistencia en tensión es del orden de $0.10 f'_c$, mientras que para valores altos disminuye a $0.07 f'_c$.

El conocimiento de la resistencia a la tensión del concreto es importante para el diseño en tensión diagonal y para otros tipos de comportamiento, en donde la tensión es el fenómeno predominante.

2.2.4 Flexión

Para algunas aplicaciones, tales como pavimentos de concreto, es necesario conocer aproximadamente la resistencia a la flexión del concreto simple. Esta se determina frecuentemente ensayando un prisma de concreto li-

brememente apoyado, sujeto a una o dos cargas concentradas. La falla es brusca, con una grieta única que fractura el espécimen.

El esfuerzo teórico de tensión en la fibra inferior correspondiente a la rotura se calcula mediante la expresión

$$f_r = \frac{Mc}{I} \quad (2.4)$$

en la que f_r es el módulo de rotura, M es el momento flexionante correspondiente a la carga máxima aplicada, c es el medio peralte, e I es el momento de inercia de la sección transversal del prisma.

Al aplicar la expresión (2.4) se supone que el concreto es elástico hasta la rotura, hipótesis que, como se ha indicado, no es correcta para toda la escala de carga.

Esta prueba proporciona una medida de la resistencia del concreto a flexión, o más bien, a la tensión debida a flexión. Normalmente, el módulo de rotura es mayor que la resistencia a la tensión obtenida del ensaye brasileño.

Se ha observado que el esfuerzo máximo de rotura en flexión depende, entre otras variables, de la resistencia a la compresión, de la relación peralte a claro y de las condiciones de curado. Debido a que la medición de deformaciones es difícil de realizar, no existen muchos datos experimentales sobre las características esfuerzo-deformación de prismas sujetos a flexión simple.

El módulo de rotura como medida de la resistencia a la tensión, tiene varias desventajas. La principal es que el punto de tensión máxima se presenta en la superficie externa del espécimen, que está sujeta en forma importante a esfuerzos de contracción originados por cambios en el ambiente. Por esta razón, la dispersión de datos de ensayos de módulo de rotura es mayor que la dispersión obtenida en el ensaye brasileño, la que a su vez es mayor que la dispersión de datos de pruebas en compresión. Es difícil establecer relaciones generales entre los valores de f_r y f'_c , ya que la relación depende del tipo de concreto.

2.2.5 *Otras condiciones de esfuerzos*

La determinación de la resistencia del concreto simple a un estado de esfuerzo cortante puro no tiene mucha importancia práctica, porque dicho estado implica siempre la presencia de tensiones principales de la misma magnitud que el esfuerzo cortante, las cuales originan la falla cuando el elemento podría aún soportar esfuerzos cortantes mayores. Algunos procedimientos indirectos indican que la resistencia al esfuerzo cortante es del orden del 20 por ciento de la resistencia a la compresión.

También se han realizado ensayos en concreto simple sujetando especímenes de diversos tipos a otras combinaciones de esfuerzos. Entre éstos cabe mencionar los ensayos efectuados por McHenry [2.10], utilizando cilindros huecos sujetos a una presión interior y a una carga axial longitudinal, en los que se provoca un estado combinado de esfuerzos de tensión y compresión; los llevados a cabo por Bresler [2.11], sometiendo cilindros a combinaciones de esfuerzos de torsión y compresión axial, y los de Kupfer, Hilsdorf y Rüschi [2.12] en placas y prismas cargados a través de dispositivos especiales, para evitar alteraciones de los estados de esfuerzos estudiados.

2.2.6 *Criterio de falla*

A pesar de los estudios que se han realizado no se tiene todavía una teoría de falla sencilla y que permita predecir con precisión aceptable la resistencia del concreto simple. Se ha intentado hacer adaptaciones, entre otras, de las teorías de Mohr, de Coulomb, de esfuerzos cortantes y de deformaciones limitativas. K. Newman y J. Newman han utilizado con buenos resultados criterios de falla basados en teorías energéticas, las cuales parecen ser las más adecuadas para el caso del concreto [2.13]. En la referencia 2.14 se presenta un resumen de los estudios efectuados para determinar la resistencia del concreto a estados combinados de esfuerzos y las distintas teorías de falla que se han propuesto hasta la fecha.

2.3 *Efectos del tiempo en el concreto endurecido*

2.3.1 *Conceptos generales*

Cuando se aplica una carga a un espécimen de concreto, éste adquiere una deformación inicial. Si la carga permanece aplicada, la deformación aumenta con el tiempo, aun cuando no se incremente la carga.

Las deformaciones que ocurren con el tiempo en el concreto se deben esencialmente a dos causas: contracción y flujo plástico.

La figura 2.13 muestra una curva típica de deformación-tiempo de un espécimen de concreto bajo carga constante. La forma de la curva y las magnitudes relativas son aproximadamente las mismas, sea la acción de flexión, compresión, tensión o torsión. En el eje vertical se muestra la deformación y en el horizontal, el tiempo, ambas variables en escala aritmética.

Se puede ver que al aplicar la carga en un tiempo relativamente pequeño, el concreto sufre una deformación inicial, que para efectos prácticos se puede considerar como instantánea. Si se mantiene la carga, el concreto sigue deformándose, con una velocidad de deformación grande al principio, que disminuye gradualmente con el tiempo.

Aunque para efectos prácticos puede considerarse que la curva tiende a ser asintótica respecto a una horizontal, se ha comprobado que la deformación sigue aumentando aún después de muchos años. Sin embargo, aproximadamente el 90 por ciento de la deformación total ocurre durante el primer año de aplicación de la carga.

Si en cierto momento se descarga el espécimen, se produce una recuperación instantánea, seguida de una recuperación lenta. La recuperación nunca es total; siempre queda una deformación permanente.

En la figura 2.13, la curva de trazo continuo representa las deformaciones de un espécimen sujeto a una carga constante, la cual es retirada después de cierto tiempo. La línea de trazo interrumpido representa las deformaciones que

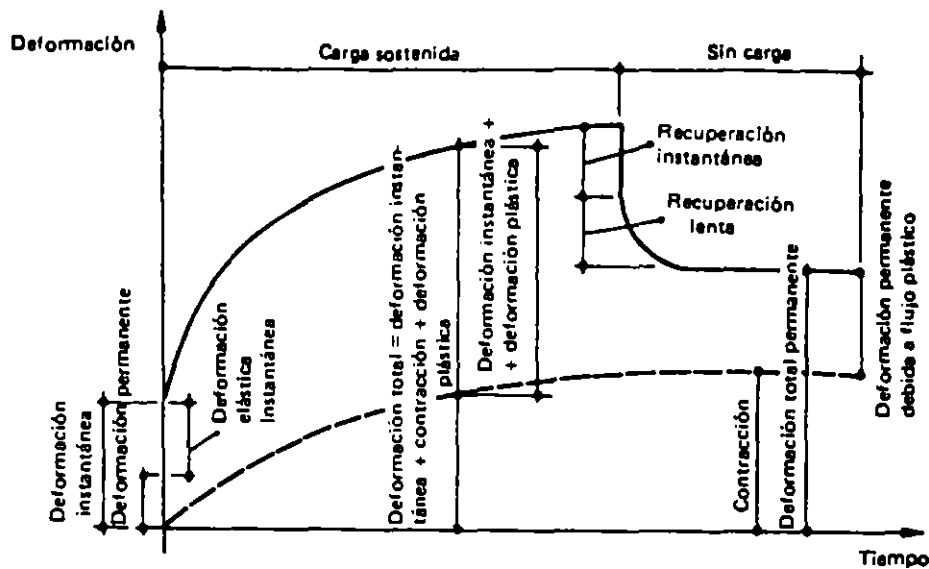


Figura 2.13 Curva típica deformación-tiempo, bajo condiciones ambientales constantes.

produce el tiempo en un espécimen sin carga. Las ordenadas de esta curva son las deformaciones debidas a contracción.

Para efectos de diseño estructural, no basta con conocer las deformaciones iniciales o instantáneas; en muchos casos interesa aún más estimar la magnitud de la deformación total, incluyendo los efectos del tiempo. En vigas sujetas a carga constante se han observado deflexiones totales de dos a cinco veces mayores que las medidas inmediatamente después de aplicada la carga.

2.3.2 Contracción

Las deformaciones por contracción se deben esencialmente a cambios en el contenido de agua del concreto a lo largo del tiempo. El agua de la mezcla se va evaporando e hidrata el cemento. Esto produce cambios volumétricos en la estructura interna del concreto, que a su vez producen deformaciones.

Los factores que más afectan la contracción son la cantidad original de agua en la mezcla y las condiciones ambientales especialmente a edades tempranas. Como generalmente un concreto de alta resistencia tiene menos agua que

otro de baja resistencia, el primero se contraerá menos que el segundo. Asimismo, un concreto en ambiente húmedo se contraerá menos que en ambiente seco.

Para la misma relación agua/cemento, la contracción varía con la cantidad de pasta por unidad de volumen. Una mezcla rica en pasta (cemento más agua) se contraerá más que otra pobre.

La contracción tiende a producir esfuerzos debidos a las restricciones al libre desplazamiento del elemento que existen en general en la realidad. Si el concreto pudiera encogerse libremente, la contracción no produciría ni esfuerzos, ni grietas.

Si el curado inicial del concreto se hace muy cuidadosamente, disminuirá el efecto de la contracción. Se puede estimar que las deformaciones unitarias debidas a contracción varían entre 0.0002 y 0.0010. Normalmente, la mayor parte de la deformación por contracción ocurre en los primeros meses.

2.3.3 Flujo plástico

El flujo plástico es un fenómeno relacionado con la aplicación de una carga. Las teorías que

se han desarrollado para explicarlo son complejas y caen fuera del alcance de este texto. Puede consultarse a este respecto la referencia 2.15. Se trata esencialmente de un fenómeno de deformación bajo carga continua, debido a un reajuste interno de las partículas que ocurre al mismo tiempo que la hidratación del cemento.

Las deformaciones por flujo plástico son proporcionales al nivel de carga, hasta niveles del orden del 50% de la resistencia. Para niveles mayores la relación ya no es proporcional.

Como el flujo plástico se debe en gran parte a deformaciones de la pasta de cemento, la cantidad de ésta por unidad de volumen es una variable importante.

En la figura 2.13 se observa que la deformación debida al flujo plástico aumenta con la duración de la carga. También se ha observado que, para un mismo nivel de carga, las deformaciones disminuyen al aumentar la edad a que ésta se aplica.

Otros factores que afectan a las deformaciones por flujo plástico son las propiedades de los materiales constituyentes del concreto, las proporciones de la mezcla y la humedad ambiente.

Es interesante mencionar que, como el flujo plástico aumenta con el nivel de carga, este fenómeno tiende a aliviar las zonas de máximo esfuerzo y, por lo tanto, a uniformar los esfuerzos en un elemento.

2.3.4 Efecto de la permanencia de la carga

Es importante conocer el porcentaje de la resistencia que puede soportar una pieza de concreto en compresión sin fallar, cuando la carga se mantiene indefinidamente. En la figura 2.14 se muestra el efecto de la permanencia de una carga según los ensayos de Rüschi [2.5]. En el eje horizontal se representan deformaciones unitarias, y en el eje vertical valores relativos, $\frac{f_c}{f'_c}$, de los esfuerzos aplicados con respecto a la resistencia en una prueba de corta duración (20 minutos aproximadamente).

Se presentan curvas esfuerzo-deformación obtenidas de especímenes sujetos a distintas velocidades de deformación, con lo que se produjeron fallas a diferentes edades. La línea de trazo continuo corresponde a un espécimen en el que la falla se produjo en 20 minutos. Las curvas de especímenes llevados a la falla en 100 minutos y 7 días se presentan con trazo discontinuo. Las curvas de especímenes llevados a la falla en 100 minutos y 7 días se presentan con trazo discontinuo.

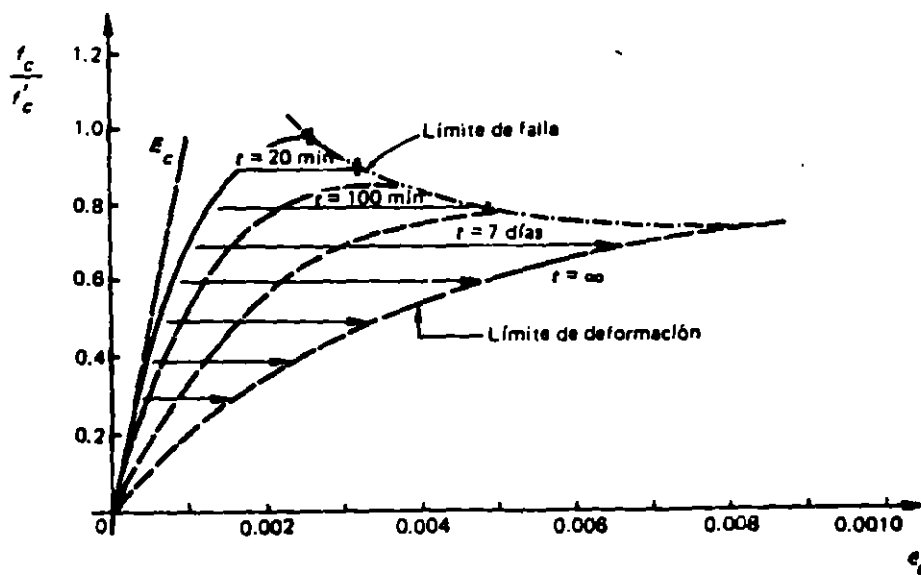


Figura 2.14 Efecto de la permanencia de la carga (Rüschi) [2.5].

Se muestran además dos envolventes: la inferior, llamada *límite de deformación* y la superior, *límite de falla*. La primera muestra las deformaciones máximas que se obtienen al aplicar indefinidamente distintos porcentajes de la resistencia, inferiores a un cierto valor crítico. La segunda envolvente indica las deformaciones a la falla, correspondientes a porcentajes de carga superiores al valor crítico. La intersección entre estas dos envolventes indica, teóricamente, el porcentaje de la resistencia por debajo del cual el espécimen puede soportar la carga indefinidamente.

En la figura puede observarse que si se carga un espécimen al 80 por ciento de su resistencia de corta duración, se producirá la falla eventualmente a una deformación del orden de 0.0055. En cambio, si se le sujeta solamente al 40 por ciento de su resistencia de corta duración, el espécimen sufrirá una deformación del orden de 0.0025 después de un tiempo muy largo y mantendrá su carga indefinidamente.

Se puede decir, con cierto grado de seguridad, que el concreto puede tomar indefinidamente, sin fallar, cargas hasta del 60 por ciento de su capacidad. Cargas mayores que el 70-80 por ciento, aplicadas de modo permanente, acaban siempre por provocar la falla del espécimen.

2.4 Fatiga

Se han hecho diversos estudios sobre elementos de concreto sujetos a repeticiones de carga. Cuando un elemento falla después de un número muy grande de repeticiones de carga, se dice que ha fallado por *fatiga*. Este tipo de sollicitación tiene importancia práctica, ya que elementos como vigas de puente, durmientes de ferrocarril o cimentaciones de maquinaria están sujetos a muchas repeticiones de carga.

Se mencionó anteriormente que un elemento de concreto en compresión no puede soportar indefinidamente fracciones de su resistencia estática mayores que un 70 por ciento. Cuando a un elemento de concreto se le aplican

compresiones del orden de la mitad de su resistencia estática, falla después de aproximadamente diez millones de repeticiones de carga. Se ha encontrado también que si la carga se aplica intercalando periodos de reposo, el número de ciclos necesario para producir la falla aumenta considerablemente.

Los estudios experimentales se han hecho aplicando los ciclos de carga y descarga a velocidades bastante más rápidas que las que se presentan en la práctica y, por lo tanto, sus resultados en general son conservadores.

Se puede estimar que el concreto simple en compresión, toma diez millones o más de repeticiones de carga al 50 por ciento de su resistencia estática. En flexión, el mismo número de aplicaciones puede alcanzarse con ciclos de carga y descarga con valor máximo del orden de 35-50 por ciento de su resistencia estática. Se han hecho estudios limitados de fatiga en torsión, que tienen un interés práctico menor.

Para ciertos materiales, como el acero, se ha encontrado que, aplicando ciclos de carga y descarga y llevando el esfuerzo máximo hasta un cierto valor, existe un límite de este esfuerzo por debajo del cual se puede soportar un número indefinido de ciclos. En concreto, se han llevado los ensayos hasta 10 millones de aplicaciones de carga, sin que se haya comprobado la existencia de límites semejantes. En las referencias 2.16 y 2.18 se trata ampliamente el tema de fatiga en el concreto.

2.5 Módulos elásticos

Para estimar deformaciones debidas a cargas de corta duración, donde se puede admitir un comportamiento elástico sin errores importantes, es necesario definir un valor del módulo de elasticidad. Del estudio de las curvas esfuerzo-deformación mostradas, resulta obvio que el concepto convencional de módulo de elasticidad no tiene sentido en concreto. Por lo tanto, es necesario recurrir a definiciones arbitrarias, basadas en consideraciones empíricas. Así, se puede definir el módulo tangente inicial o tan-

gente a un punto determinado de la curva esfuerzo-deformación y el módulo secante entre dos puntos de la misma. Para tomar en cuenta los efectos de cargas de larga duración en una forma simple, se utilizan a veces módulos elásticos menores que los correspondientes a las definiciones mencionadas anteriormente.

El módulo secante se usa en ensayos de laboratorio para definir la deformabilidad de un concreto dado. La ASTM [2.17] recomienda la pendiente de la línea que une los puntos de la curva correspondiente a una deformación de 0.0005 y al 40 por ciento de la carga máxima.

Se ha observado que, después de varios ciclos de carga y descarga a esfuerzos relativamente pequeños, la relación esfuerzo-deformación tiende a convertirse en una relación prácticamente lineal. Como es difícil determinar el módulo tangente inicial de una manera reproducible, se recurre a veces a aplicaciones previas de carga y descarga, con objeto de rectificar la curva esfuerzo-deformación, y se considera la pendiente de la curva así obtenida como el módulo de elasticidad. El método para determinar el módulo tangente en esta forma se describe con detalle en la referencia 2.17. El módulo de elasticidad es función principalmente de la resistencia del concreto y de su peso volumétrico. Se han propuesto varias expresiones para predecir el módulo de elasticidad a partir de estas variables. Por ejemplo, el Reglamento ACI presenta la ecuación

$$E_c = w^{1.5} \frac{4270}{15100} \sqrt{f'_c} \quad (2.5)$$

donde E_c es el módulo de elasticidad en kg/cm^2 , w es el peso volumétrico del concreto en ton/m^3 y f'_c es la resistencia del concreto en kg/cm^2 . El Reglamento del D.F., propone la ecuación

$$E_c = 10\,000 \sqrt{f'_c} \quad (2.6)$$

que es aplicable únicamente a concretos fabricados con agregados típicos de la ciudad de México. Estas ecuaciones dan únicamente valores aproximados, porque existen otras varia-

bles importantes, como el tipo de agregado. Las diferencias entre los valores reales y los calculados con estas ecuaciones pueden ser muy grandes. Cuando se requieren estimaciones de cierta precisión, conviene determinar el módulo de elasticidad del concreto usado en particular.

En algunos análisis elásticos se suelen emplear G , el módulo de elasticidad al esfuerzo cortante, y μ , el coeficiente de Poisson. El primero se toma comúnmente como fracción del módulo de elasticidad que se usa en compresión, del orden de 0.4. Experimentalmente, se ha determinado que el segundo varía entre 0.12 y 0.20. Con frecuencia se supone μ igual a 0.18.

2.6 Deformaciones por cambios de temperatura

El concreto está sometido a cambios volumétricos por temperatura. Se han determinado algunos coeficientes térmicos que oscilan entre 0.000007 y 0.000011 de deformación unitaria por grado centígrado de cambio de temperatura. Los valores anteriores corresponden a concreto de peso volumétrico normal (del orden de 2.2 ton/m^3). Para concretos fabricados con agregados ligeros, los coeficientes pueden ser muy distintos de los mencionados.

2.7 Algunas características de los aceros de refuerzo

El acero para reforzar concreto se utiliza en distintas formas. La más común es la barra o varilla que se fabrica tanto de acero laminado en caliente como de acero trabajado en frío. En las figuras 2.15 y 2.16 se muestran curvas de ambos tipos de acero, típicas de barras europeas.

Los diámetros usuales de las barras producidas en México, varían de $1/4$ pulg a $1 1/2$ pulg. (Algunos productores han fabricado barras corrugadas de $3/16$ pulg, $3/32$ pulg y $3/16$ pulg.) En otros países se usan diámetros aun mayores. Todas las barras, con excepción del alambón de $1/4$ pulg, que generalmente es liso, tienen corrugaciones en la superficie, para mejorar

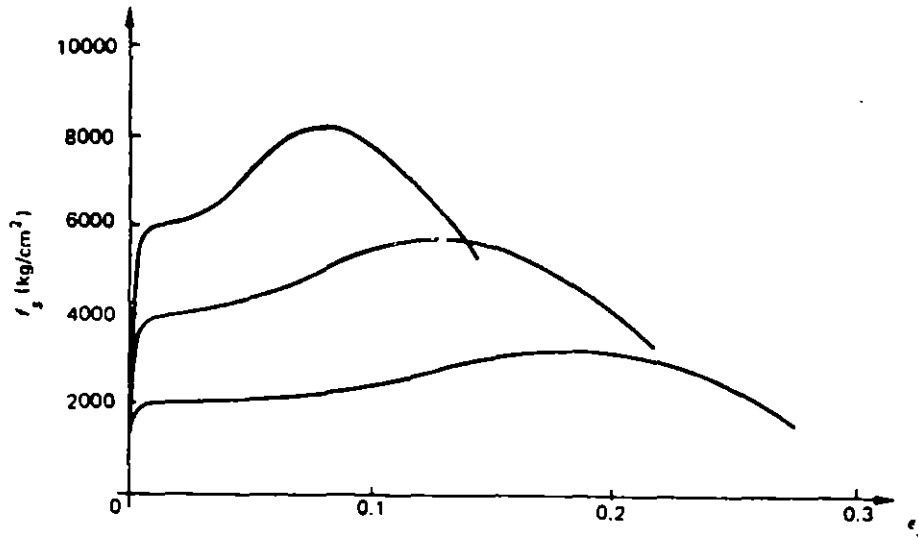


Figura 2.15 Curvas esfuerzo-deformación de aceros laminados en caliente para barras de refuerzo de fabricación europea.

su adherencia al concreto. La tabla 2.1 proporciona datos sobre las características principales de barras de refuerzo, así como la nomenclatura para identificarlas.

Generalmente el tipo de acero se caracteriza por el límite o esfuerzo de fluencia. Este límite se aprecia claramente en las curvas esfuerzo-deformación de barras laminadas en caliente,

como se ve en la figura 2.15. El acero trabajado en frío no tiene un límite de fluencia bien definido (figura 2.16). En este caso, el límite de fluencia suele definirse trazando una paralela a la parte recta de la curva esfuerzo-deformación desde un valor de la deformación unitaria de 0.002; la intersección de esta paralela con la curva define el límite de fluencia.

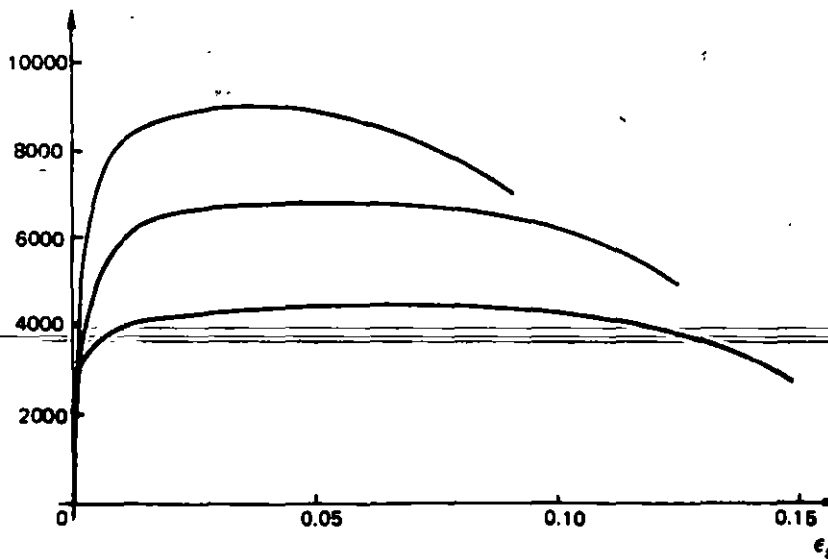


Figura 2.16 Curvas esfuerzo-deformación de acero trabajados en frío para barras de refuerzo de fabricación europea.

Tabla 2.1 Diámetros, pesos, áreas, y perímetros de barras.

Barra Núm.	Diámetro		Peso	Área	Perímetro
	pulg	mm	kg/m	cm ²	cm
2	1/4	6.4	0.248	0.32	1.99
2.5	5/16	7.9	0.388	0.49	2.48
3	3/8	9.5	0.559	0.71	2.98
4	1/2	12.7	0.993	1.27	3.99
5	5/8	15.9	1.552	1.98	5.00
6	3/4	19.0	2.235	2.85	6.00
7	7/8	22.2	3.042	3.88	6.97
8	1	25.4	3.973	5.07	7.98
9	1-1/8	28.6	5.028	6.41	8.99
10	1-1/4	31.8	6.207	7.92	9.99
11	1-3/8	34.9	7.511	9.58	10.96
12	1-1/2	38.1	8.972	11.40	11.97

OBSERVACIONES

Los diámetros, áreas y pesos se ajustan a la norma de la Secretaría de Comercio, NOM B6-1974. Según esta norma, el diámetro nominal y el área de una barra corresponden a los que tendría una barra lisa, sin corrugaciones, del mismo peso por metro lineal; todas las barras, con excepción de la No. 2, están corrugadas.

En México se cuenta con una variedad relativamente grande de aceros de refuerzo. Las barras laminadas en caliente pueden obtenerse con límites de fluencia desde 2 300 hasta 4 200 kg/cm². El acero trabajado en frío alcanza límites de fluencia de 4 000 a 6 000 kg/cm². En la figura 2.17 se representa la gráfica esfuerzo-deformación de un acero trabajado en frío, fabricado en México. En los países escandinavos se usan varillas con límites de fluencia hasta de 9 000 kg/cm².

Una propiedad importante que debe tenerse en cuenta en refuerzos con detalles soldados es la soldabilidad. La soldadura de aceros trabajados en frío debe hacerse con cuidado. Otra propiedad importante es la facilidad de doblado, que es una medida indirecta de ductilidad y un índice de su trabajabilidad.

Se ha empezado a generalizar el uso de mallas como refuerzo de losas, muros y algunos elementos prefabricados. Estas mallas están formadas por alambres lisos unidos por puntos de

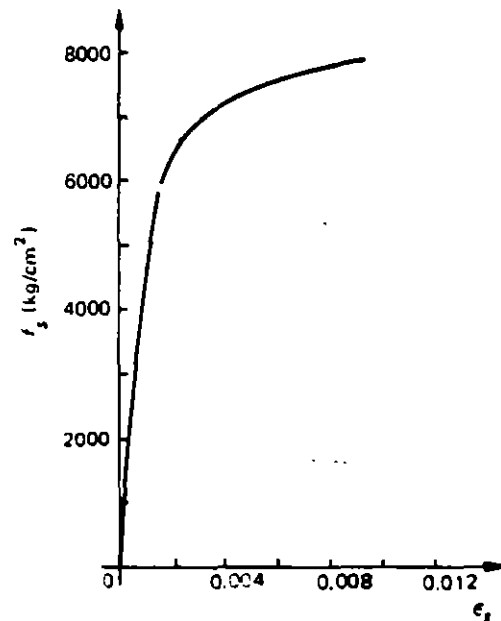


Figura 2.17 Gráfica esfuerzo-deformación de un acero de alta resistencia, sin límite de fluencia definido, de fabricación nacional.

soldadura en las intersecciones. El acero es del tipo trabajado en frío, con refuerzos de fluencia del orden de 5 000 kg/cm². El espaciamiento de los alambres varía de 5 a 40 cm y los diámetros de 2 a 7 mm, aproximadamente. En algunos países, en lugar de alambres lisos, se usan alambres con algún tipo de irregularidad superficial, para mejorar la adherencia.

El acero que se emplea en estructuras prefabricadas es de resistencia franca: límite superior a la de los aceros descritos anteriormente. Su resistencia última varía entre 14 000 y 22 000 kg/cm² y su límite de fluencia, definido por el esfuerzo correspondiente a una deformación permanente de 0.002, entre 12 000 y 19 000 kg/cm².

Como ilustración, en la figura 2.18 se presentan, atendiendo al grado de calidad, algunas curvas esfuerzo-deformación para distintos tipos de acero, y dos curvas esfuerzo-deformación para concreto con una resistencia de 250 kg/cm², correspondientes a cargas de corta y larga duración.

El módulo de elasticidad de los distintos tipos de acero cambia muy poco. De la compa-

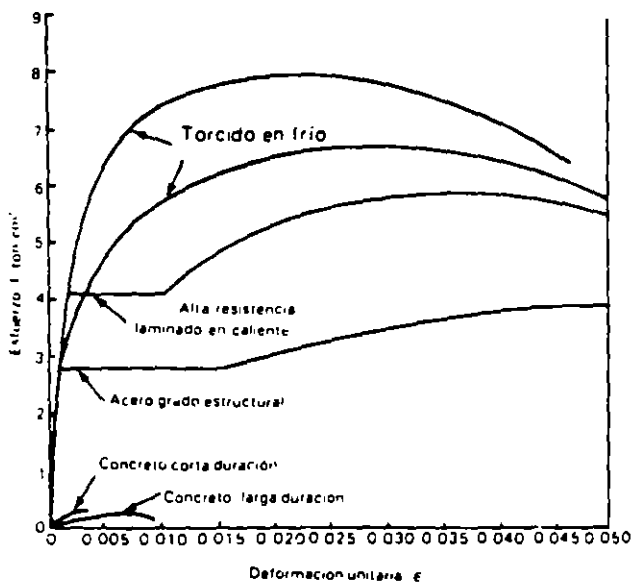


Figura 2.18 Curvas comparativas para acero y concreto

ración de las curvas del acero y del concreto, se puede inferir que si ambos trabajan en un

elemento de concreto reforzado sujeto a compresión axial, el colapso del conjunto estará regido por la deformación del concreto que, bajo cargas de larga duración, puede ser hasta de 0.010 ó 0.012. Para esta deformación, el acero tendría apenas una deformación del orden correspondiente a su límite de fluencia.

Las características de adherencia de los distintos aceros, y su influencia en el diseño, se presentarán en el capítulo de Adherencia. Para lograr el trabajo en conjunto debe tenerse una adherencia suficiente entre concreto y acero obtenida ya sea mecánicamente o por medio de la adhesión entre el concreto y el acero de refuerzo.

Para el diseño se supone que la curva esfuerzo-deformación del acero en compresión es idéntica a la curva esfuerzo-deformación en tensión. La curva en compresión es difícil de determinar en el caso de barras, debido a efectos de esbeltez.

Referencias

- 2.1 Troxell, G. E., H. E. Davis y J. W. Kelly. *Composition and Properties of Concrete*, segunda edición. Nueva York, McGraw Hill, 1968.
- 2.2 Neville, A. M. *Properties of Concrete*, tercera edición. Londres, Pitman, 1981.
- 2.3 Orchard, D. F. *Concrete Technology* (3 volúmenes). Nueva York, Halsted Press. Vol. 1, 1973; Vol. 2; 1973, Vol. 3, 1976.
- 2.4 Hatano, T. y H. Tsutsumi. *Dynamical Compressive Deformation and Failure of Concrete under Earthquake Load*. Informe No. C 5904 del Laboratorio Técnico del Instituto Central de Investigaciones de la Industria Eléctrica, Tokio, septiembre 1968. Véase también el Informe No. C 5906, por T. Hatano, Tokio, marzo 1960.
- 2.5 Rüsçh, H. "Researches Toward a General Flexural Theory for Structural Concrete". *Journal of the American Concrete Institute*, Detroit, julio 1960.
- 2.6 Richart, F. E., A. Brandtzaeg y R. L. Brown. "A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses". *Bulletin No. 185*. Urbana, Ill., University of Illinois, Engineering Experiment Station, noviembre 1928.
- 2.7 Lobo B. Carneiro, F. L. "Concrete Tensile Strength". *Boletín RILEM No. 13*, marzo 1953.
- 2.8 Akazawa, T. "Tension Test Method for Concrete". *Boletín RILEM No. 16*, noviembre 1953.
- 2.9 Timoshenko, S. P. y J. N. Goodier. *Teoría de la elasticidad*. Bilbao, URMO, 1968.
- 2.10 McHenry, D. y J. Karni. "Strength of Concrete under Combined Tensile and Compressive Stresses". *Journal of the American Concrete Institute*. Detroit, abril 1958.
- 2.11 Bresler, B., y K. S. Pister. "Strength of Concrete under Combined Stresses". *Journal of the American Concrete Institute*. Detroit, septiembre 1958.
- 2.12 Kupfer, H., H. K. Hilsdorf y H. Rüsçh. "Behavior of Concrete under Biaxial Stresses". *Journal of the American Concrete Institute*, Detroit, agosto 1969.
- 2.13 Newman, K. y J. B. Newman. "Failure Theory and Design Criteria for Plain Concrete". En la Memoria del *International Conference of Structure, Solid Mechanics and Engineering Design and Civil Engineering Materials*. Southampton, 1969.
- 2.14 Jordá, R. *Resistencia del concreto a esfuerzos combinados*, tesis profesional. Puebla, México. Universidad Autónoma de Puebla, 1970.

- 2.15 _____. *Symposium on Creep of Concrete (SP-9)*. Detroit. American Concrete Institute, 1964.
- 2.16 Lloyd, J. P., J. L. Lott y C. E. Kesler. "Fatigue of Concrete". *Bulletin No. 499*. Urbana, Ill., University of Illinois, Engineering Experiment Station, 1968.
- 2.17 _____. *Standard Method of Test for Static Young's Modulus of Elasticity and Poissons Ratio in Compression of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C 469-65)*. Filadelfia, American Society for Testing and Materials, 1965.
- 2.18 Shah, S. P., editor. *Fatigue of Concrete Structures (SP 75)*. Detroit, American Concrete Institute, 1982.
- 2.19 Neville, A. M. *Tecnología del concreto* (2 volúmenes). México, D. F., Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS.

3.- F L E X I O N .

ING. MIGUEL ANGEL GUZMAN ESCUDERO.

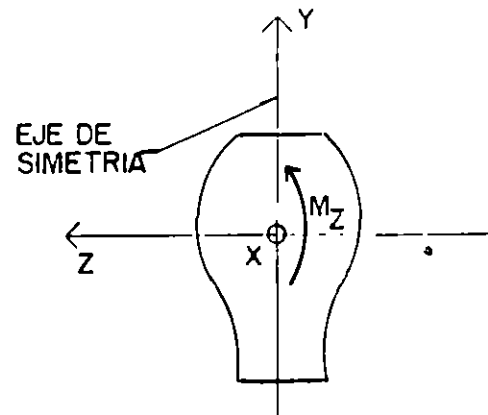
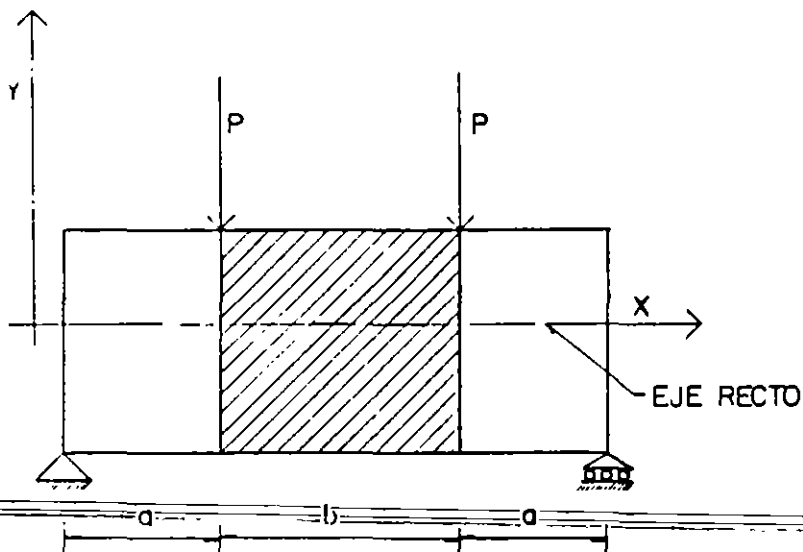
3.- FLEXION

INTRODUCCION

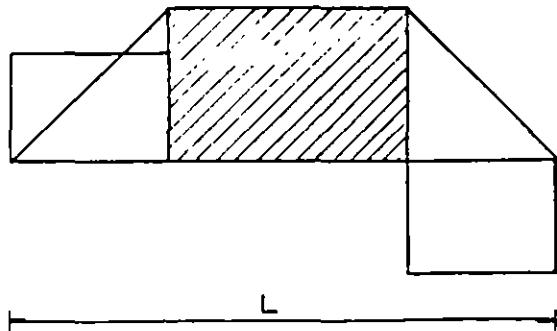
TEORIA CLASICA DE LA FLEXION

- LIMITACIONES

1.- VIGAS DE EJE RECTO HORIZONTAL QUE PASA POR TODAS LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VIGA.



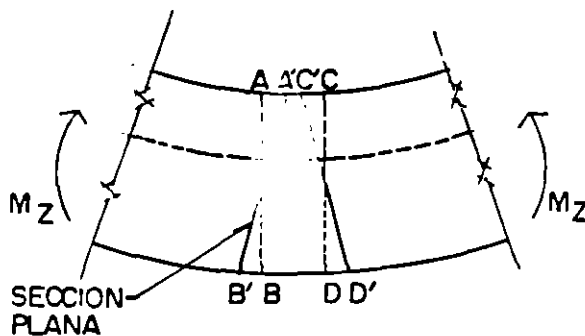
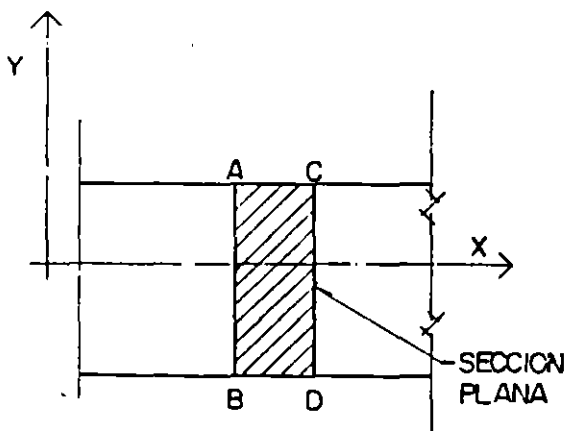
2.- LA SECCION TRANSVERSAL ES DE FORMA CUALQUIERA, PERO TIENE UN EJE VERTICAL DE SIMETRIA.



- 3.- SE CONSIDERA QUE EN LA SECCION QUE SE ANALIZA, SOLO EXISTE FLEXION.
- 4.- LA RELACION DE CLARO A ANCHO DE LA VIGA ES TAL QUE NO SE PRODUCE PANDEO LATERAL. $L/B \leq 35$ (B ANCHO DEL PATIN EN COMPRESION).
- 5.- EL MOMENTO FLEXIONANTE M_z , ESTA EN EL MISMO PLANO DEL EJE DE SIMETRIA.
- 6.- EL MATERIAL DE LA VIGA ES HOMOGENEO

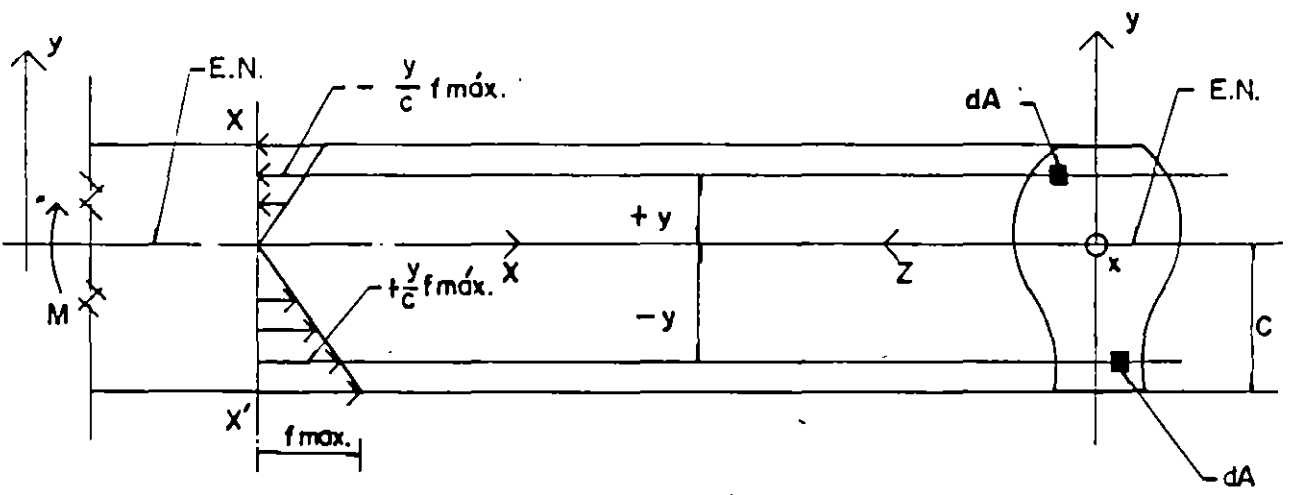
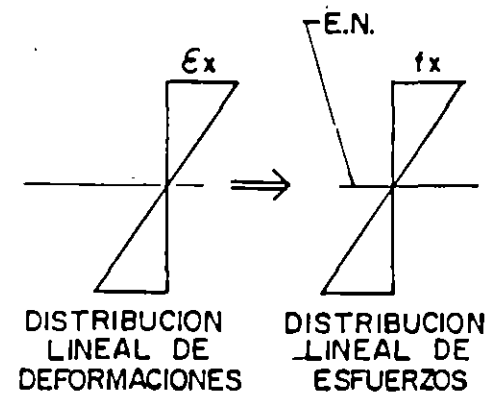
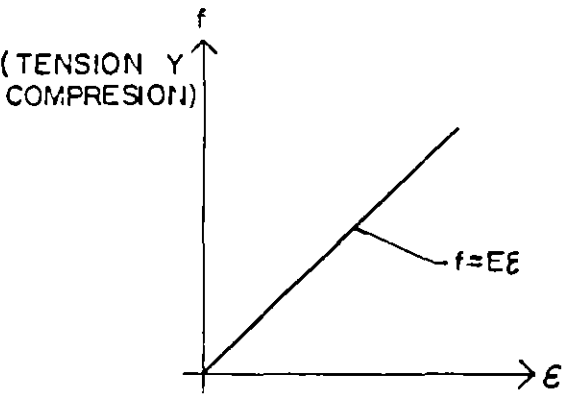
- HIPOTESIS BASICA

LAS SECCIONES PLANAS, NORMALES AL EJE DE LA VIGA, SIGUEN SIENDO PLANAS DESPUES DE APLICAR LA FLEXION (NAVIER).



FLEXION ELASTICA

SE CONSIDERARA QUE EL MATERIAL TIENE UN COMPORTAMIENTO ELASTICO-LINEAL.



$$M_z = \int_A \underbrace{\left(-\frac{y}{c} f_{\text{máx.}}\right)}_{\text{ESFUERZO AREA}} \underbrace{dA (Y)}_{\text{FUERZA BRAZO}} = -\frac{f_{\text{máx.}}}{c} \int_A y^2 dA$$

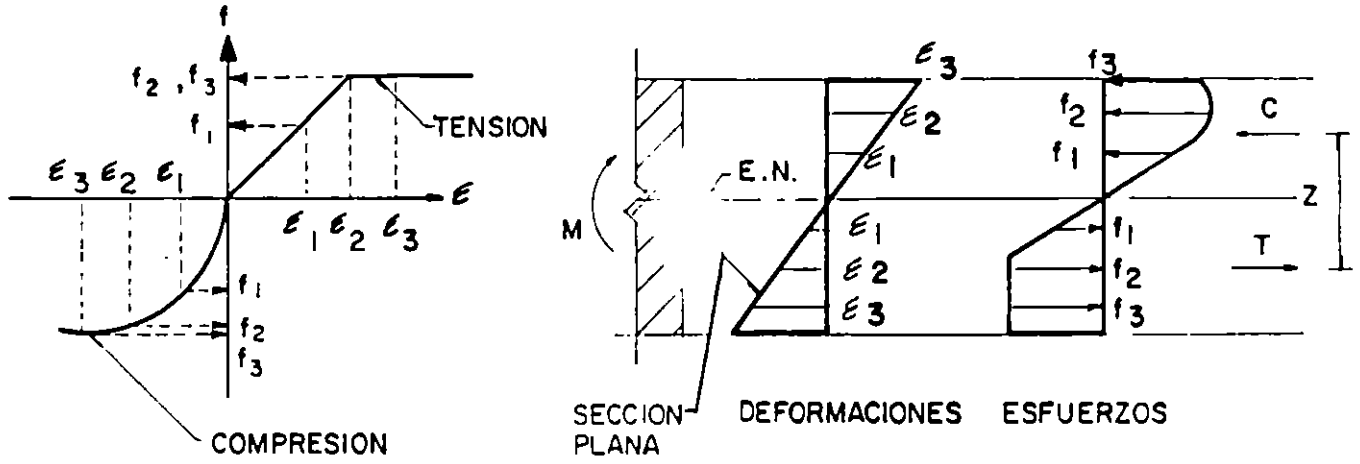
MOMENTO

$$M_z = -\frac{f_{\text{máx.}}}{c} I_z \Rightarrow \boxed{f_{\text{x máx.}} = -\frac{M_z}{I_z} c}$$

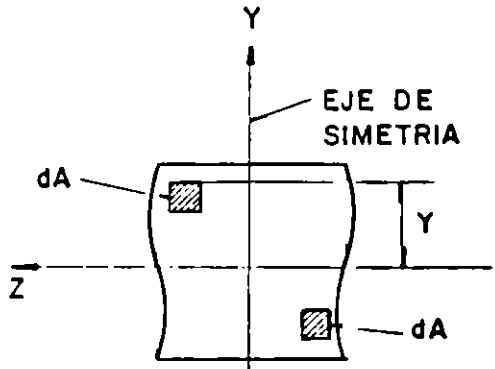
FORMULA DE LA FLEXION ELASTICA

FLEXION INELASTICA

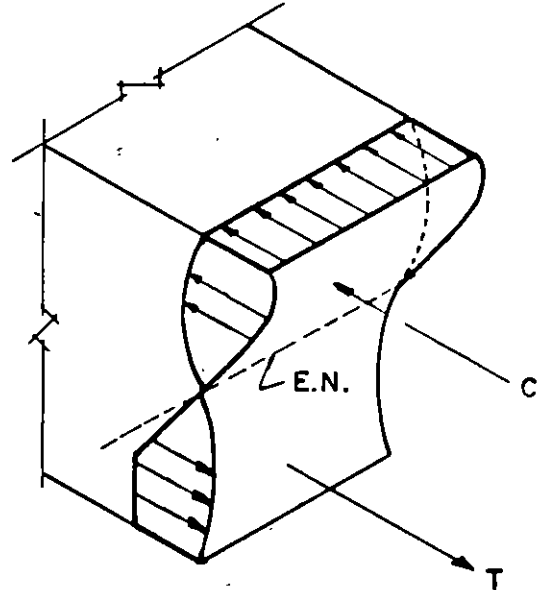
SE CONSERVA LA HIPOTESIS BASICA DE SECCIONES PLANAS.



MATERIAL NO LINEAL



SECCION DE FORMA CUALQUIERA

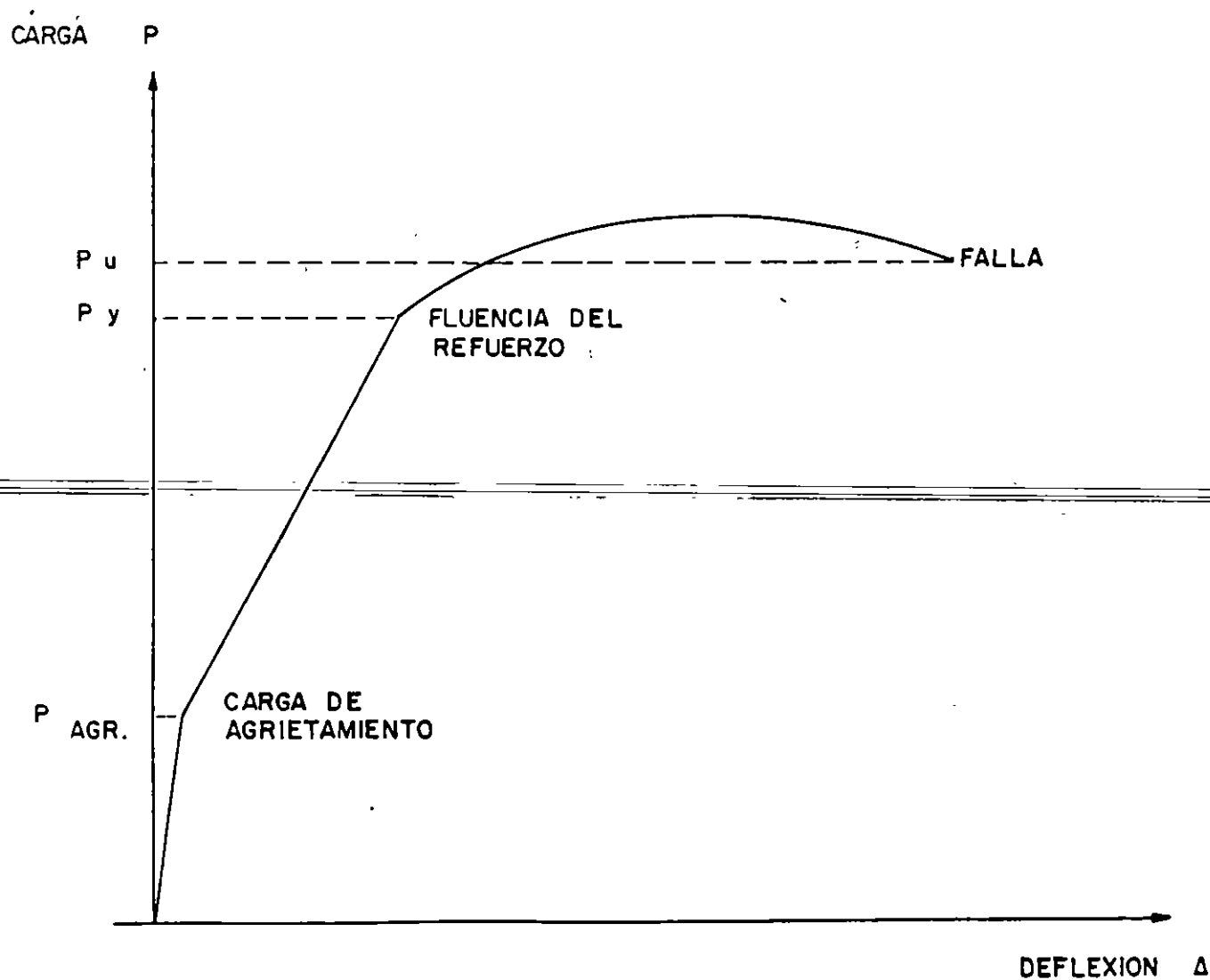
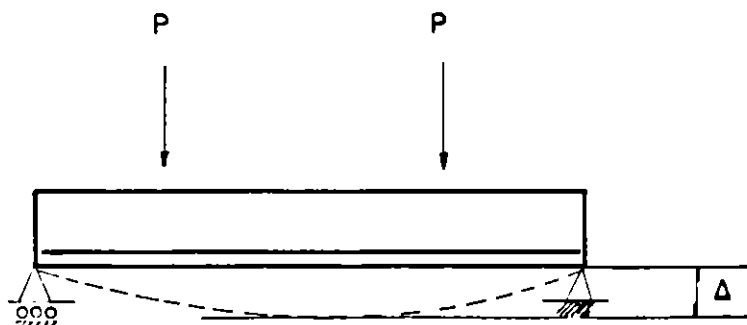


EQUILIBRIO

$$\left\{ \begin{aligned} \Sigma F_x = 0 &\rightarrow \int_A f_x da = 0 \quad (C = T) \\ \Sigma M_z = 0 &\rightarrow \int_A f_x Y da = 0 = MR \end{aligned} \right.$$

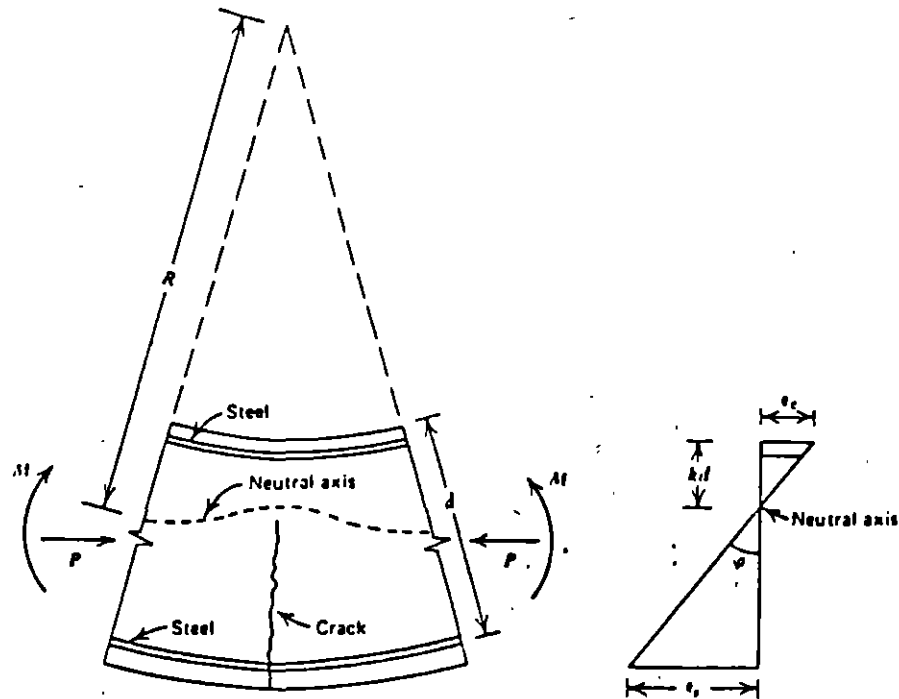
FLEXION EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

GRAFICA CARGA - DEFLEXION DE UN ELEMENTO CON UN PORCENTAJE USUAL DE ACERO DE REFUERZO.



HIPOTESIS PARA LA OBTENCION DE LA RESISTENCIA

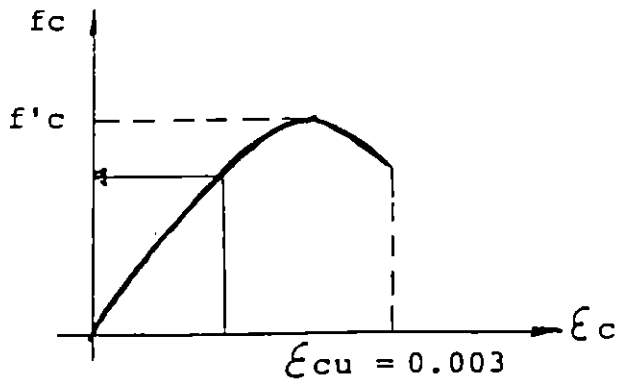
- 1) EL CONCRETO NO RESISTE ESFUERZOS DE TENSION.
- 2) LA DISTRIBUCION DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS LONGITUDINALES EN LA SECCION TRANSVERSAL DE UN ELEMENTO - ES PLANA Y POR LO TANTO SE CONSIDERA QUE EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL CONCRETO Y EL ACERO



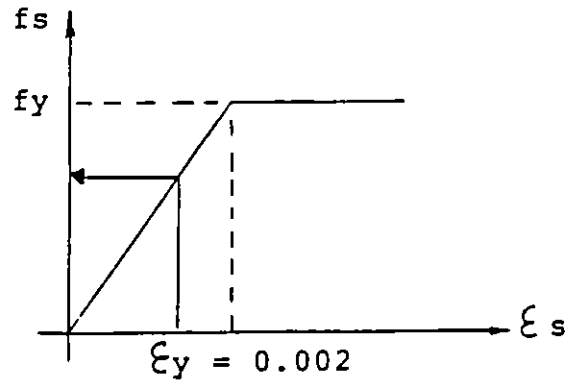
- 3) LA DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A COMPRESION - CUANDO SE ALCANZA LA RESISTENCIA DE LA SECCION ES:

$$\epsilon_{cm} = 0.003$$

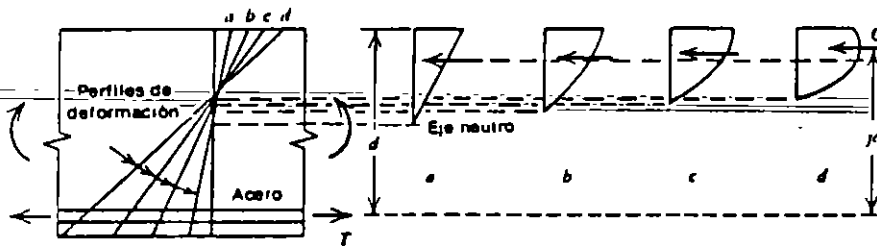
4.- LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS EN EL CONCRETO Y EL ACERO CUANDO SE ALCANZA LA RESISTENCIA SE CONOCEN



CURVA TIPICA DEL CONCRETO EN COMPRESION.



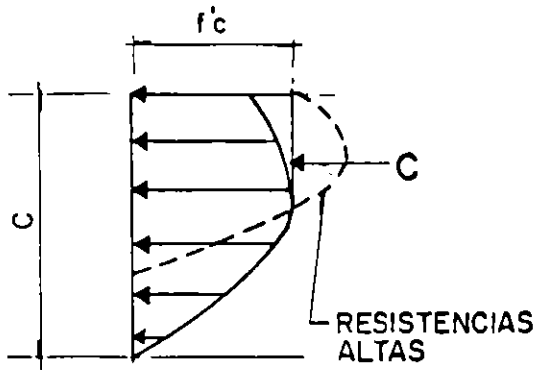
CURVA TIPICA DEL ACERO EN TENSION.



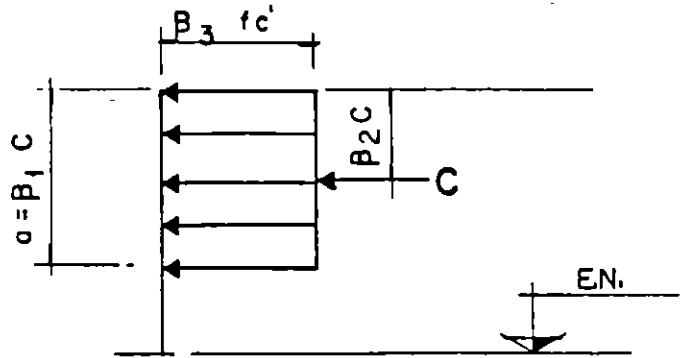
DISTRIBUCIONES DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS EN UNA SECCION AL INCREMENTAR EL MOMENTO HASTA SU RESISTENCIA A FLEXION.

BLOQUE EQUIVALENTE DE ESFUERZOS

HIPOTESIS ACI



DISTRIBUCION REAL



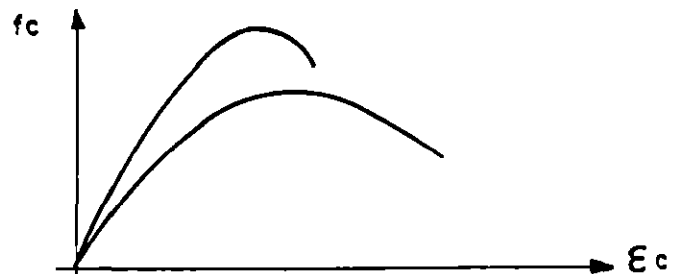
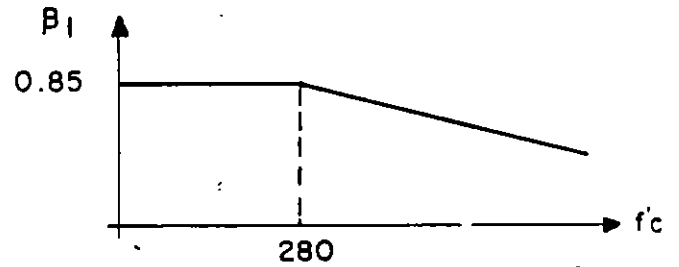
DISTRIBUCION EQUIVALENTE

$$\beta_1 = (1.05 - \frac{f'_c}{1400}) \leq 0.85$$

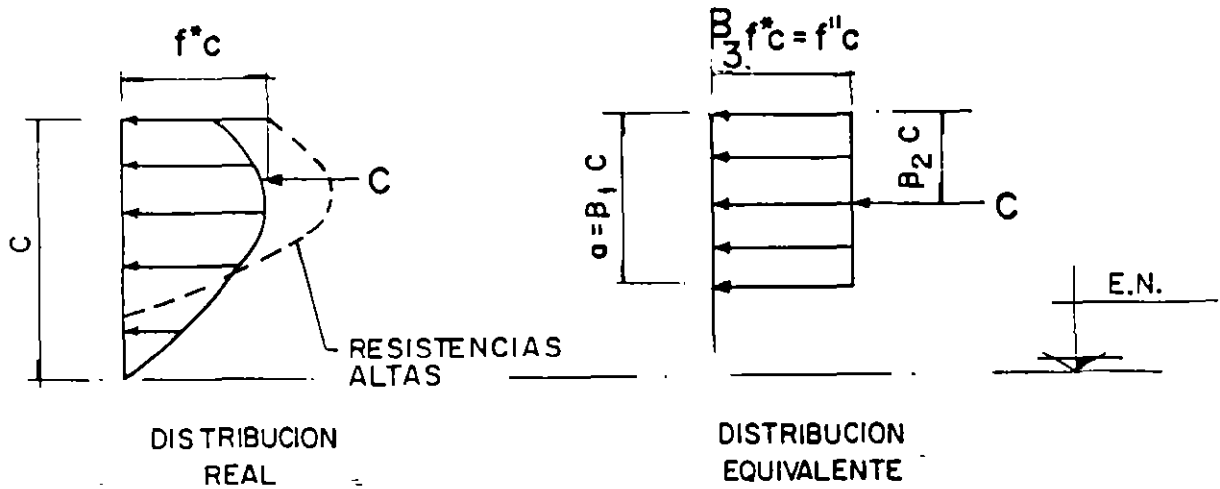
PARA TOMAR EN CUENTA EL CAMBIO DE LA CURVA f - E EN RESISTENCIAS ALTAS.

$$\beta_2 = \text{POSICION DE LA RESULTANTE}$$

$$\beta_3 = 0.85$$



HIPOTESIS RDF



$$\beta_1 = 0.8$$

$\beta_2 =$ POSICION DE LA RESULTANTE

$$\beta_3 = \left(1.05 - \frac{f^*c}{1250} \right) \leq 0.85$$

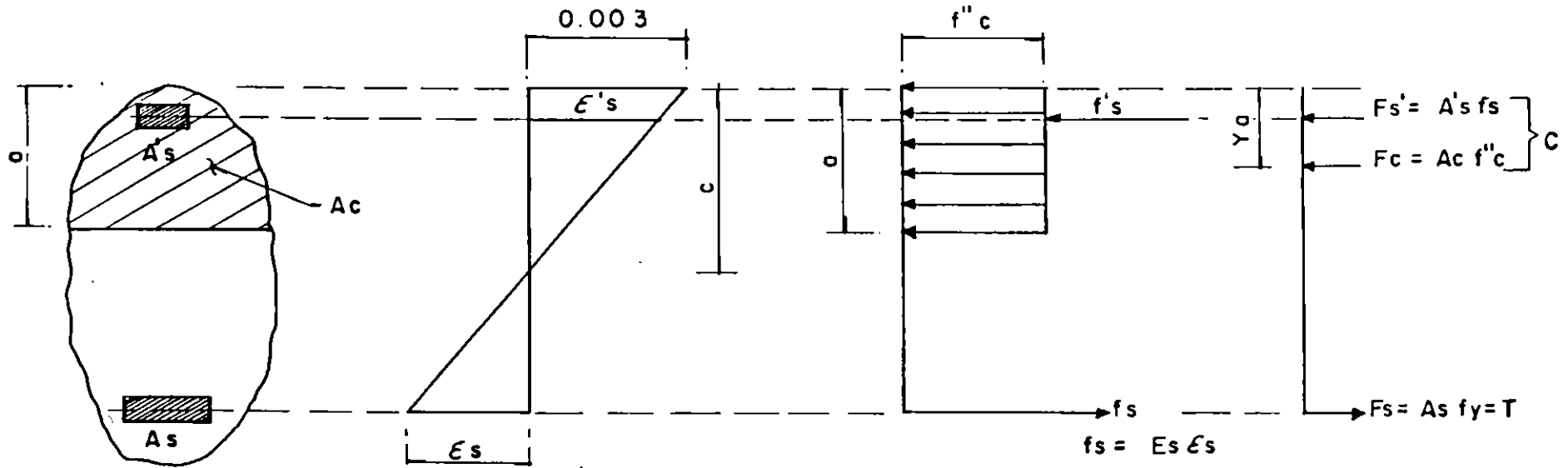
$$f^*c = 0.8f'c$$

SECCION DE
FORMA
CUALQUIERA

DEFORMACIONES
UNITARIAS

DISTRIBUCION
DE
ESFUERZOS

FUERZAS

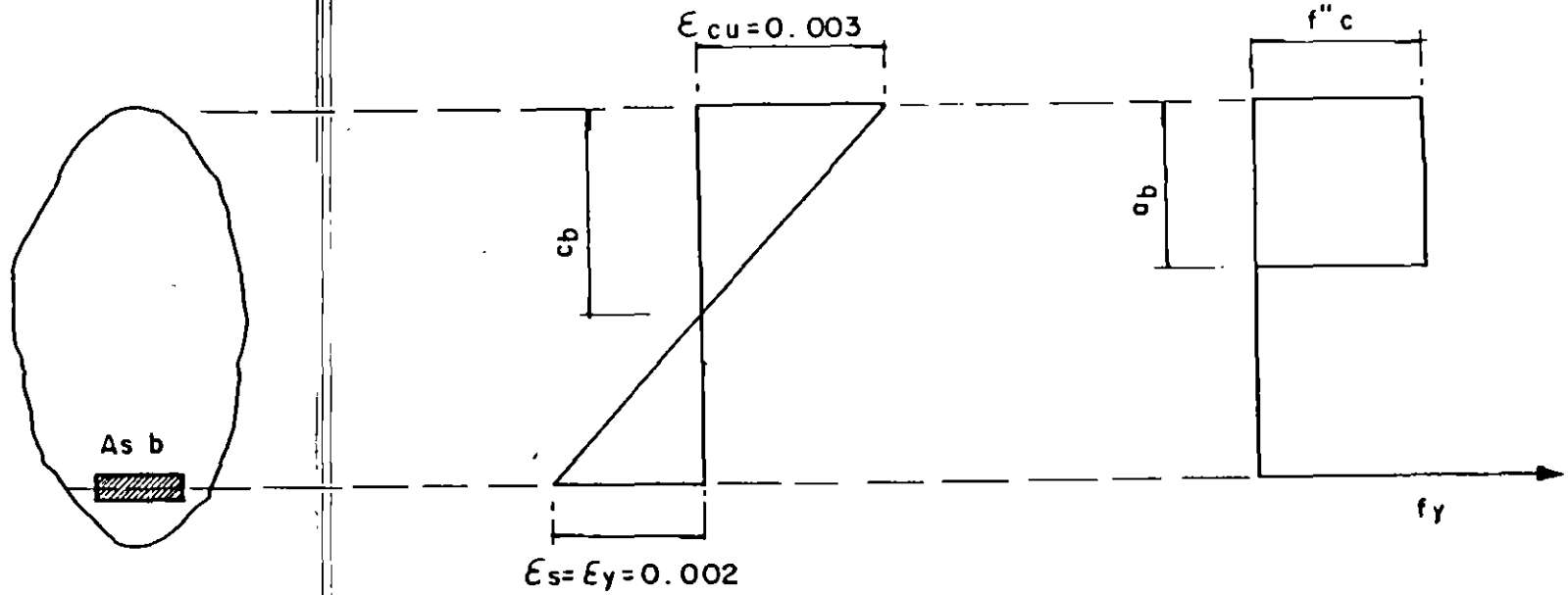


$$\sum F = 0$$

$$\sum M = MR$$

PROCEDIMIENTO GENL. PARA CALCULAR LA RESISTENCIA MR

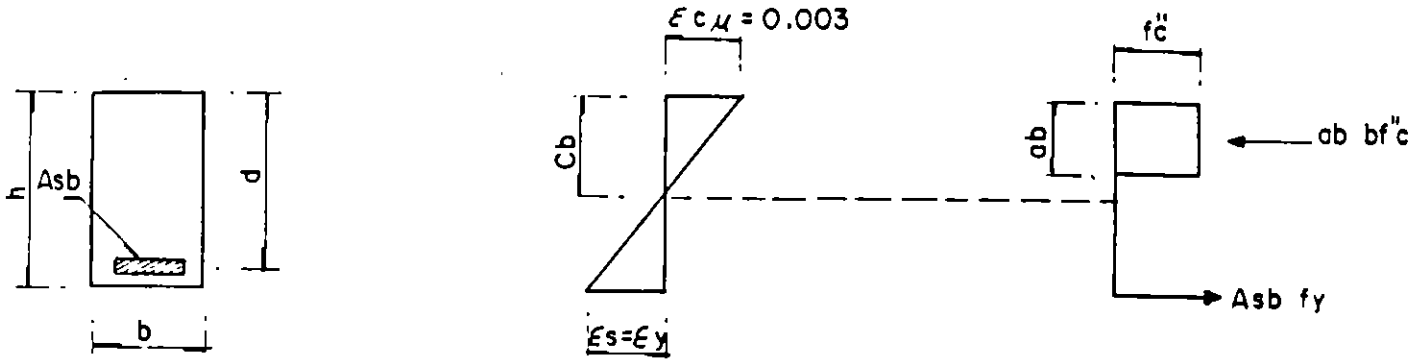
FALLA BALANCEADA



SECCION SUBREFORZADA $A_s \leq A_{sb}$

SECCION SOBREFORZADA $A_s > A_{sb}$

CALCULO DEL PORCENTAJE BALANCEADO EN SECCIONES RECTANGULARES



C=T

$$0.8 C_b b f''c = P_b b d f_y$$

$$C_b = \frac{P_b b d f_y}{0.8 b f''c} = \frac{P_b d f_y}{0.8 f''c}$$

PERO $\frac{0.003}{\epsilon_y + 0.003} = \frac{C_b}{d}$

$$\frac{0.003}{\epsilon_y + 0.003} = \frac{P_b d f_y}{0.8 f''c d}$$

$$P_b = \frac{0.8 f''c}{\epsilon_y} = \frac{0.003}{\epsilon_y + 0.003}$$

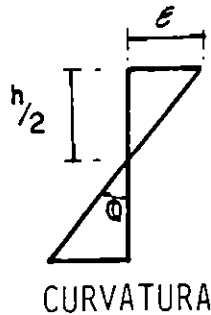
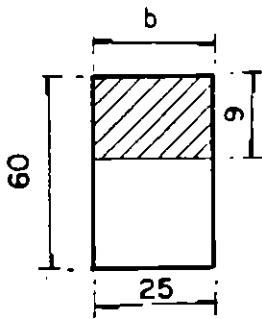
MULTIPLICANDO POR $E_s = 2 \times 10^6 \text{ KG/CM}^2$

$$P_b = \frac{0.8 f''c}{\epsilon_y} \frac{6000}{\epsilon_y + 6000} \quad [\epsilon_y = \epsilon_y E_s]$$

$$P_b = \frac{4800}{\epsilon_y + 6000} \frac{f''c}{\epsilon_y}$$

CALCULO DE RESISTENCIAS A FLEXION DE UNA SECCION RECTANGULAR DE CONCRETO CON DIFERENTE PORCENTAJE DE REFUERZO (R.C.D.F. - 1987).

1) SECCION DE CONCRETO SIMPLE



$$\begin{aligned}
 f'c &= 200 && \text{KG/CM}^2 \\
 f^*c &= 160 && \text{KG/CM}^2 \\
 f''c &= 136 && \text{KG/CM}^2 \\
 * \bar{f}t &= 19.80 && \text{KG/CM}^2 \\
 E &= 113,137 && \text{KG/CM}^2 \\
 E_s &= 2 \times 10^6 && \text{KG/CM}^2 \\
 F_R &= 0.9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ** E &= 8000 \sqrt{f'c} = 8000 \sqrt{200} \\
 * \bar{f}t &= 1.4 \sqrt{f'c} = 1.4 \sqrt{200}
 \end{aligned}$$

A) CALCULO DE MR

$$\bar{f}t = \frac{MR}{I} C$$

$$MR = \bar{f}t \frac{I}{C} = \bar{f}t S = \bar{f}t \frac{bh^2}{6}$$

FORMULA DE LA FLEXION ELASTICA.

$$MR = 19.80 \frac{(25 \times 60^2)}{6} = 297,000 \text{ KG - CM}$$

$$MR = 2.97 \text{ Ton - M}$$

$$MR = 2.97 \times 0.9 = 2.67 \text{ Ton-M (MOMENTO DE AGRIETAMIENTO).}$$

B) CALCULO DE θ

$$\epsilon = \frac{\bar{f}t}{E} = \frac{19.80}{113,137} = 0.00018$$

$$\theta = \frac{\epsilon}{C} = \frac{\epsilon}{h/2} = \frac{0.00018}{30} = 0.6 \times 10^{-5}$$

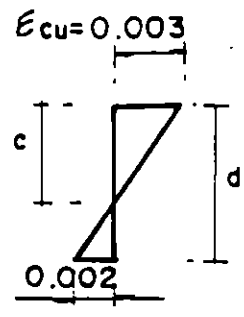
2) SECCION BALANCEADA

A) CALCULO DE MR A PARTIR DE ASB

$$\epsilon_s = \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{4000}{2 \times 10^6} = 0.002$$

DE LA FIGURA

$$\frac{c}{\epsilon_{cu}} = \frac{d}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s} \quad c = \frac{d}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s} \cdot \epsilon_{cu}$$



$$c = \frac{55 \times 0.003}{0.003 + 0.002} = 33.00 \text{ cm.}$$

$$a = 0.8c = 0.8 (33) = 26.40 \text{ cm}$$

LA FUERZA DE COMPRESION ES

$$C = abf''c = 26.40 \times 25 \times 136 = 89,760 \text{ Kg}$$

POR EQUILIBRIO

$$T = C \implies A_s b f_y = 89,760 \text{ Kg}$$

$$A_s b = \frac{89760}{4000} = 22.44 \text{ cm}^2$$

$$P_b = 0.0163$$

$$M_R = CZ = C \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

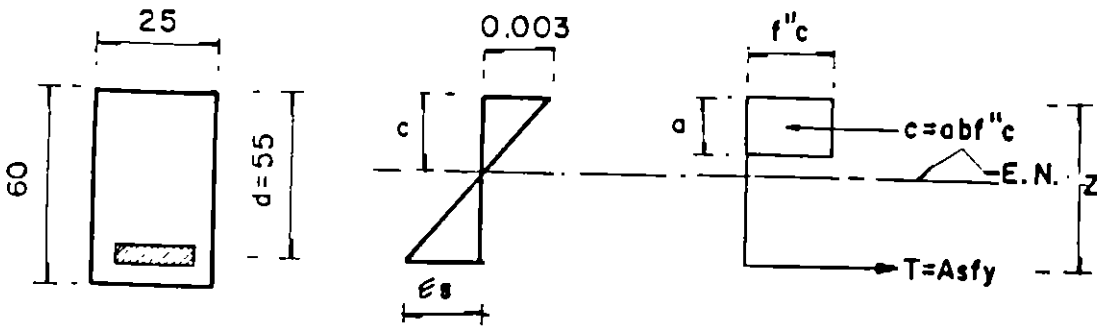
$$M_R = 89760 \left(55 - \frac{26.40}{2} \right) = 3'751,968 \text{ Kg - cm}$$

$$M_R = 37.52 \times 0.9 = 33.77 \text{ TON-M}$$

B) CALCULO DE φ (CURVATURA)

$$\phi = \frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{0.003}{33.00} = 9.09 \times 10^{-5} \text{ rad/cm}$$

3) SECCION SIMPLEMENTE ARMADA (SUBREFORZADA)



$$A_s = 11.6 \text{ cm}^2 < A_{sb}$$

$$P = 0.0084 \quad (\text{FIGURA 2})$$

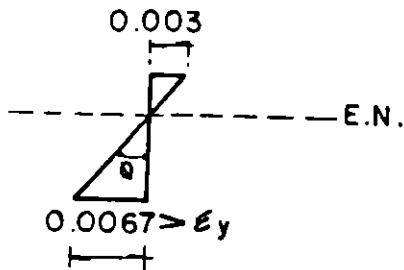
A) CALCULO DE M_R

SE SUPONE $c = 17.00$

$$a = 0.8 \times 17 = 13.60$$

$$\epsilon_s = \frac{d}{c} \epsilon_{cu} - \epsilon_{cu} = \left(\frac{55}{17} \times 0.003 \right) - 0.003 = 0.0067$$

$$\epsilon_s = 0.0067 > \epsilon_y \Rightarrow f_s = f_y$$



FALLA DUCTIL

$$C = abf''c = 13.60 \times 25 \times 136 = 46,240 \text{ Kg} = 46.24 \text{ TON.}$$

$$T = A_s f_y = 11.60 \times 4000 = 46,400 \text{ Kg} \doteq C$$

$$M_R = Tz = T \left(\frac{d-a}{2} \right) = 46,400 \left(\frac{55-13.60}{2} \right) = 2'236,480 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_R = 22.36 \text{ TON-M}$$

$$M_R = 22.36 \times 0.9 = \underline{20.12} \text{ TON-M}$$

B) CALCULO DE ϕ (CURVATURA)

$$\phi = \frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{0.0030}{17} = \underline{17.65 \times 10^{-5}} \quad \frac{\text{rad}}{\text{cm}}$$

4) SECCION SIMPLEMENTE ARMADA (SOBREREFORZADA)

A) CALCULO DE M_R

SEC. 25 x 60

$$A_s = 30.00 \text{ cm}^2 > A_{sb}$$

$$P = 0.0218$$

SE SUPONE $c = 35.7$

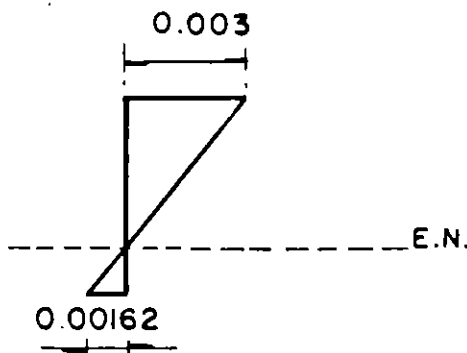
$$a = 0.8c = 0.8 \times 35.70 = 28.56 \text{ cm}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{c} \epsilon_{cu} \right) - \epsilon_{cu} = \left(\frac{55}{35.70} \times 0.003 \right) - 0.003 = 0.0016 < \epsilon_y$$

NO FLUYE EL
ACERO

$$f_s = E_s \epsilon_s$$

FALLA FRAGIL



$$C = abf''c = 28.56 \times 25 \times 136 = 97,104 \text{ Kg}$$

$$T = A_s \epsilon_s E = 30 \times 0.00162 \times 2 \times 10^6 = 97,200 \text{ Kg}$$

$$M_R = Tz = T \left(d - \frac{a}{2} \right) = 97,200 \left(55 - \frac{28.56}{2} \right) = 3'957,965 \text{ Kg-cm}$$

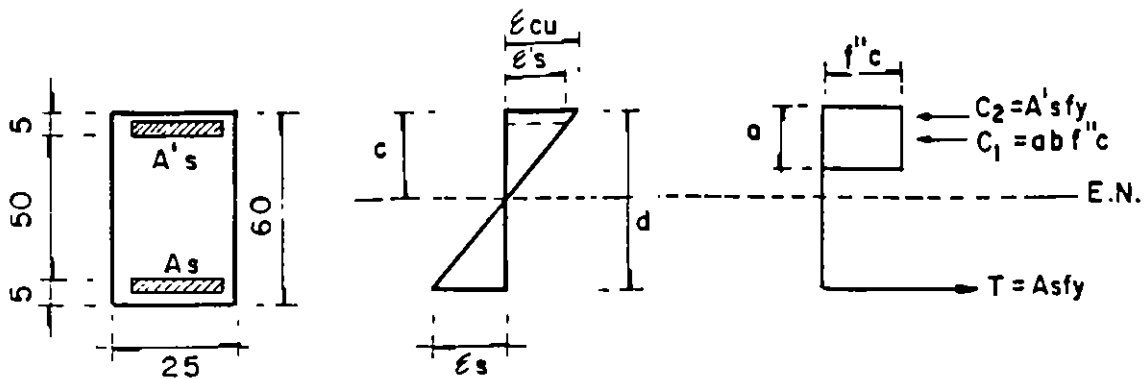
$$M_R = 39.58 \text{ Ton-m}$$

$$M_R = 39.58 \times 0.9 = \underline{35.62 \text{ Ton-m}}$$

B) CALCULO DE ϕ (CURVATURA)

$$\phi = \frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{0.003}{35.70} = 8.40 \times 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{cm}}$$

5) SECCION DOBLEMENTE ARMADA (SUBREFORZADA)



DATOS:

$$\frac{A_s}{A's} = \frac{30 \text{ cm}^2}{10 \text{ cm}^2} > (A_{sb}) \quad P = 0,0218$$

$$P' = 0,0073$$

A) CALCULO DE M_R SE SUPONE $c = 29,4$

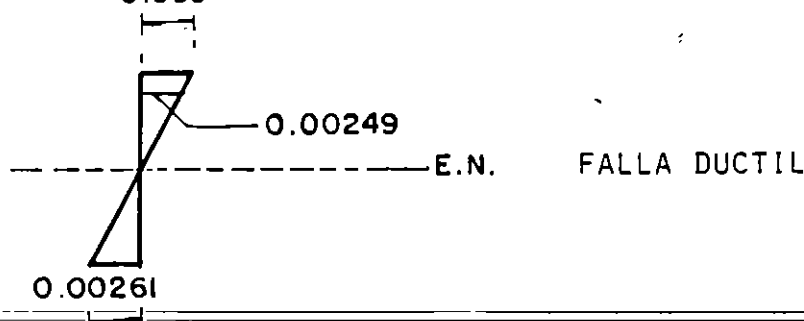
$$a = 0,8c = 23,52$$

$$\epsilon'_s = \frac{(c - a')}{c} \epsilon_{cu} = \frac{(29,4 - 5)}{29,4} 0,003 = 0,00249 > F_Y = 0,002$$

FLUYE EN COMPRESION

$$\epsilon_s = \frac{d}{c} \epsilon_{cu} - \epsilon_{cu} = \frac{55}{24,4} 0,003 - 0,003 = 0,00261 > F_Y = 0,002$$

FLUYE EN TENSION



$$C_1 = abf''c = 23,52 \times 25 \times 136 = 79\,968 \text{ Kg}$$

$$C_2 = A'sfy = 10 \times 4000 = 40000 \text{ Kg}$$

$$C = C_1 + C_2 = 79968 + 40000 = 119,968 \text{ Kg}$$

$$T = Asfy = 30 \times 4000 = 120\,000 \text{ Kg} \doteq C$$

$$M_R = C_1 \left(a - \frac{a}{2} \right) + C_2 (d-d')$$

$$M_R = 79,968 \left(55 - \frac{21,52}{2} \right) + 40000 (55-5)$$

$$M_R = 5'457,816 \text{ KG-CM}$$

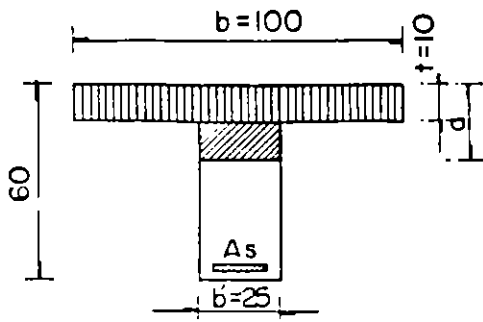
$$M_R = 54.57 \text{ TON-M}$$

$$M_R = 54.57 \times 0.9 = \underline{49.11 \text{ TON-M}}$$

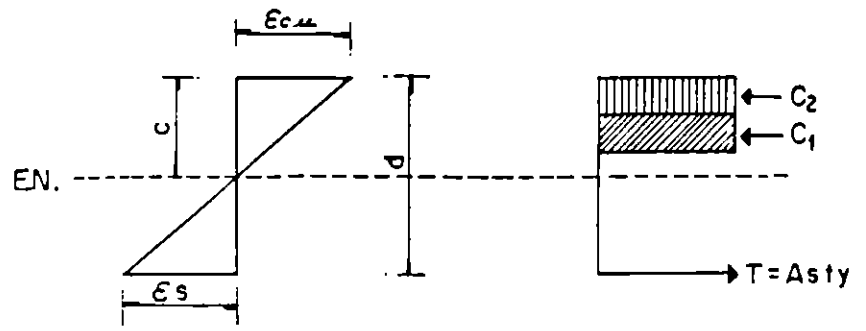
E CALCULO DE ϕ

$$\phi = \frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{0.003}{29.40} = \frac{10.20 \times 10^{-5}}{\text{CM}} \text{ rad}$$

6) SECCION T SIMPLEMENTE ARMADA
(SUBREFORZADA)



$$A_s = 40.00 \text{ cm}^2$$



$$C_2 = t b f'' c$$

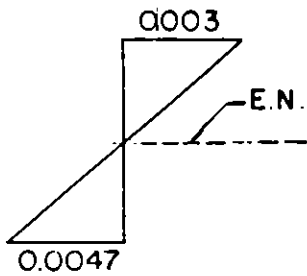
$$C_1 = (a-t) b' f'' c$$

A) CALCULO DE M_R

SE SUPONE $c = 21.32 \text{ CM}$

$$a = 0.80 \times 21.32 = 17.06 \text{ CM}$$

$$\epsilon_s = \frac{d}{c} \epsilon_{cu} - \epsilon_{cu} = \frac{55}{21.32} (0.003 - 0.003) = 0.0047 > \epsilon_y \Rightarrow f_s = f_y$$



FALLA DUCTIL.

$$C_1 = (a-t) b' f'' c = (17.06-10) 25 \times 136 = 24.004 \text{ Kg}$$

$$C_2 = t b f'' c = 10 \times 100 \times 136 = 136.000 \text{ Kg}$$

$$C = 24.004 + 136.000 = 160.004 \text{ Kg}$$

$$T = A_s f_y = 40 \times 4000 = 160.000 \text{ Kg} = C$$

$$M_R = C_1 \left(\frac{d-a-t}{2} + \frac{a-t}{2} \right) + C_2 \left(\frac{d-t}{2} \right)$$

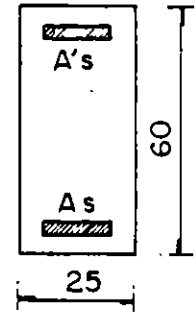
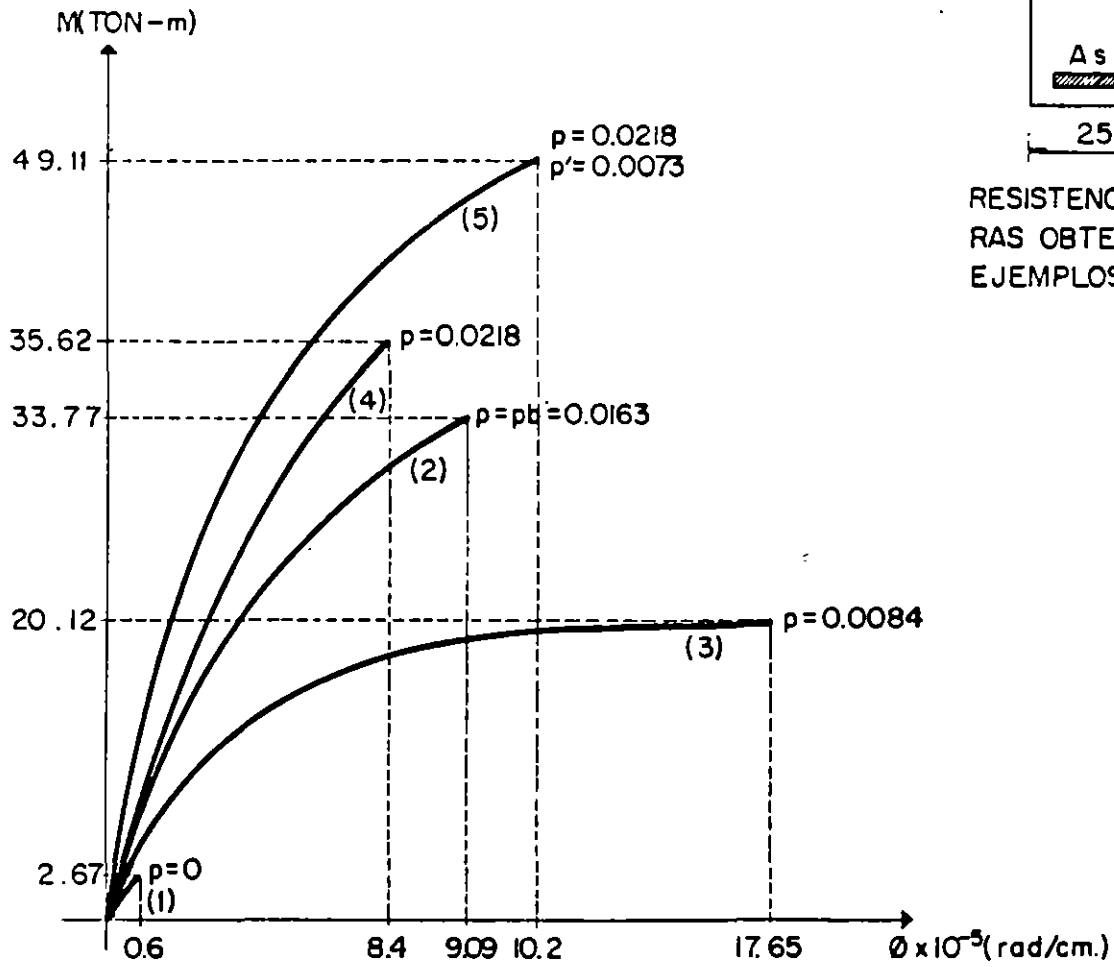
$$M_R = 24004 \left(\frac{0.55-0.17}{2} + \frac{0.17-0.10}{2} \right) + 136.000 \left(\frac{0.55-0.10}{2} \right) = 77.95 \text{ Ton-M}$$

$$M_R = 77.95 \times 0.9 = 70.16 \text{ Ton-M}$$

B) CALCULO DE ϕ (CURVATURA)

$$\phi = \frac{\epsilon_s}{c} = \frac{0.0047}{21.32} = 0.00022 \frac{\text{rad}}{\text{CM}}$$

DISTINTOS PORCENTAJES DE REFUERZO

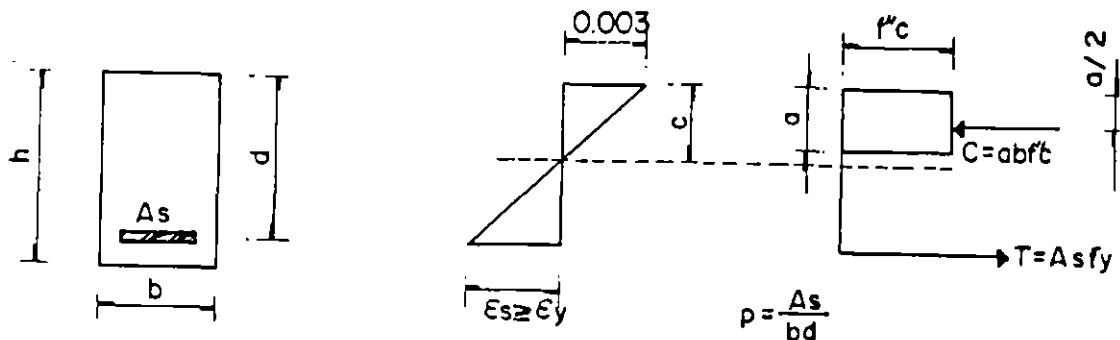


RESISTENCIA Y CURVATURAS OBTENIDAS EN LOS EJEMPLOS ANTERIORES.

- (1) SIMPLE
- (2) BALANCEADA
- (3) SUBREFORZADA
- (4) SOBREREFORZADA
- (5) DOBLEMENTE ARMADA

FORMULAS PARA CALCULAR LA RESISTENCIA EN SECCIONES DE FORMA COMUN

A) SECCIONES RECTANGULARES SUBREFORZADAS SIN ACERO DE COMPRESION.



POR EQUILIBRIO:

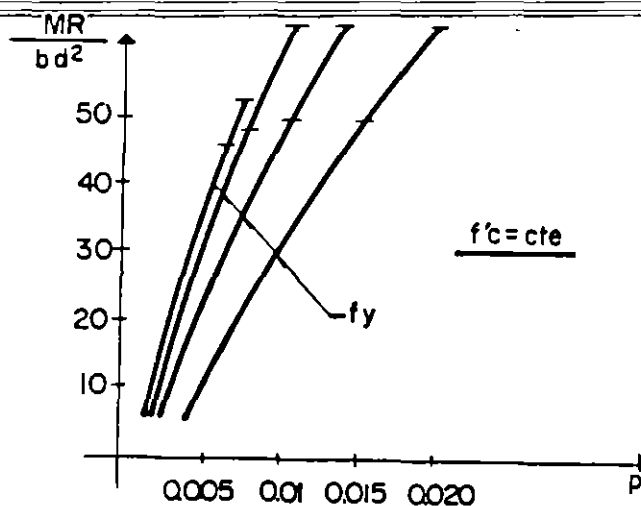
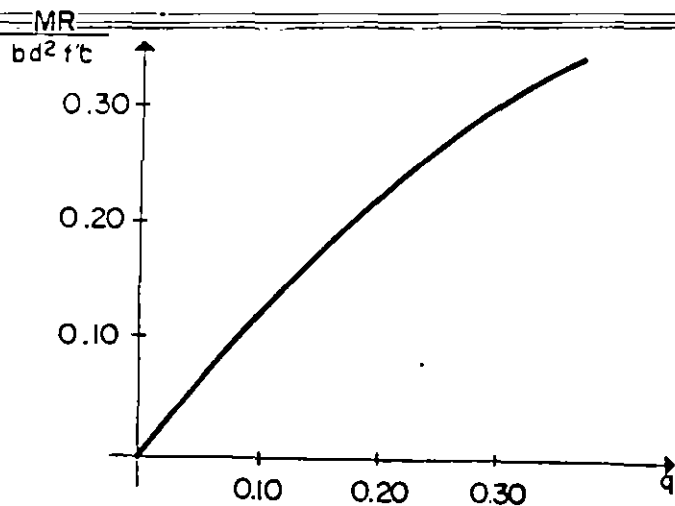
$$C = T$$

$$abf''c = Asfy$$

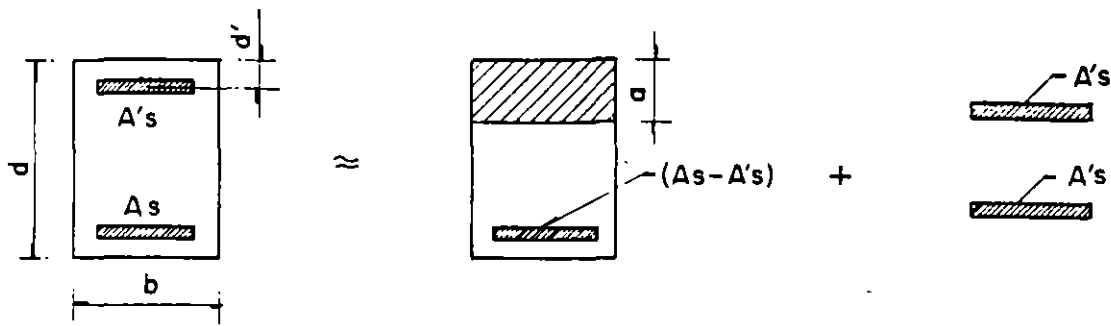
$$a = \frac{Asfy}{bf''c} = \frac{Pdfy}{f''c} \quad ; \quad q = P \frac{fy}{f''c}$$

$$M_R = C \left(d - \frac{a}{2} \right) = abf''c d \left(1 - \frac{a}{2d} \right) = \frac{pdfy}{f''c} bf''c d \left(1 - \frac{pdfy}{2df''c} \right)$$

$$M_R = F_R \left[b d^2 f''c q (1 - 0.5q) \right]$$



B) SECCION RECTANGULAR CON ACERO DE COMPRESION



$$M_R = F_R \left[(A_s - A's) f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's f_y (d - d') \right]$$

DE $C=T$

$$abf''c + A's f_y = A_s f_y$$

$$a = \frac{(A_s - A's) f_y}{bf''c}$$

SOLO SI

$$(P - P') \geq \frac{4800}{6000 - f_y} \frac{d'}{d} \frac{f''c}{f_y}$$

CONDICION QUE IMPLICA QUE EL ACERO
FLUYE EN TENSION Y COMPRESION.

RESTRICCIONES EN LA CUANTIA DEL ACERO DE REFUERZO (RCDF - 87)

1) REFUERZO MINIMO

$$1.1) M_R \geq 1.5 M_{AG}$$

$$M_{AG} = \frac{\bar{E}_t}{Y \text{ MAX}} (I)$$

$$f_t = 1.4 \sqrt{f'_c}$$

1.2) SECCIONES RECTANGULARES:

$$A_{smín} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} bd$$

2) REFUERZO MAXIMO

$$2.1 \quad A_{sMÁX} \begin{cases} A_{sb} & (\text{SIN SISMO}) \\ 0.75 A_{sb} & (\text{CON SISMO}) \end{cases}$$

2.2) SECCIONES RECTANGULARES

$$A_{sb} = \frac{f'_c}{f_y} \frac{4800}{f_y + 6000} bd$$

FLEXION ASIMETRICA

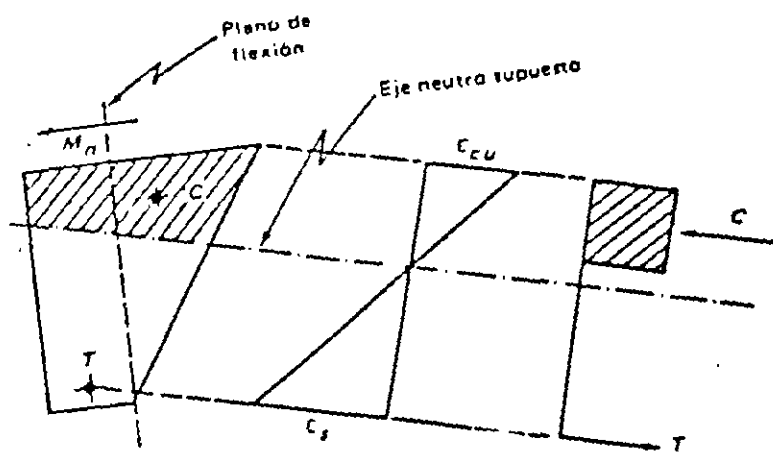


Figura 5.10 Primer caso de flexión asimétrica.

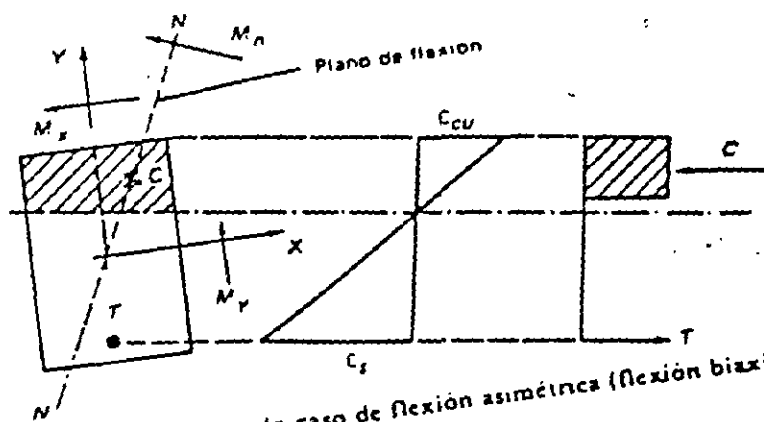


Figura 5.11 Segundo caso de flexión asimétrica (flexión biaxial).

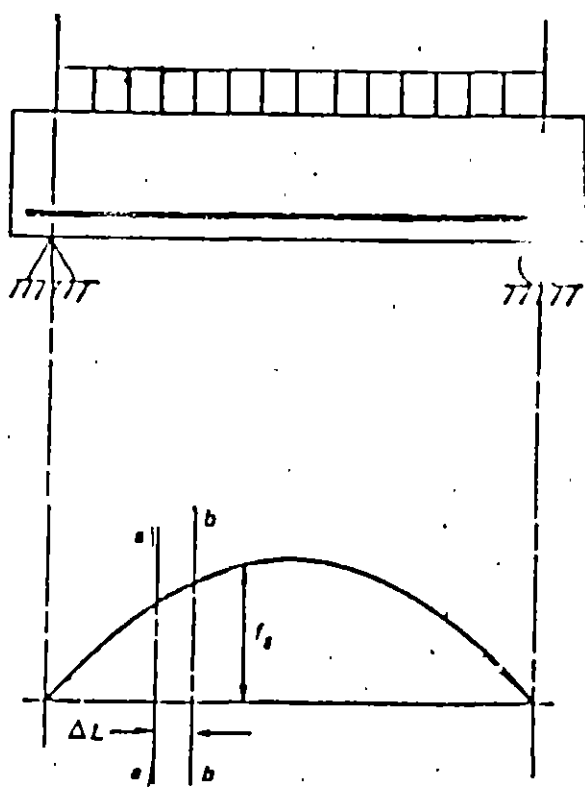
$$\frac{M_x}{MR_x} + \frac{M_y}{MR_y} = 1$$

4.- ADHERENCIA Y ANCLAJE

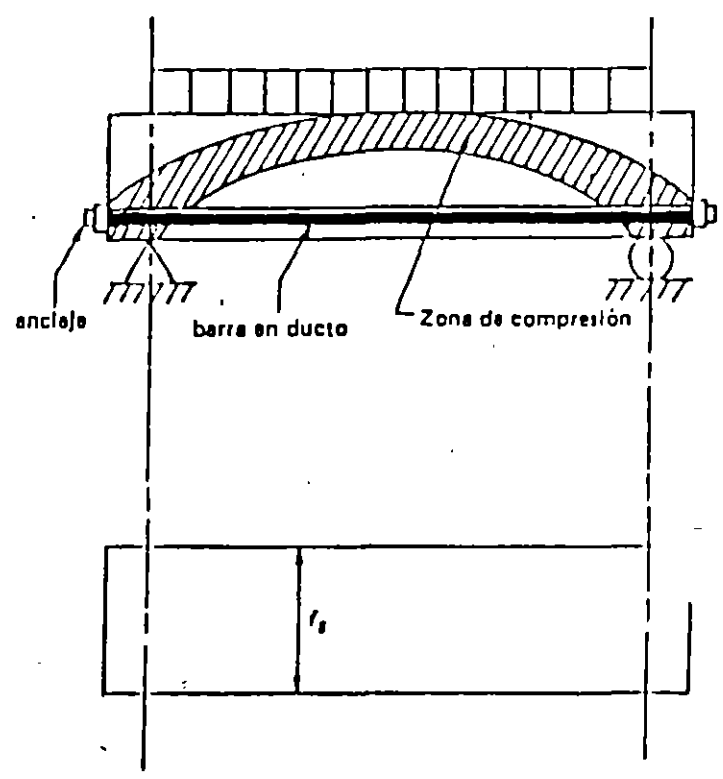
ING. MIGUEL ANGEL GUZMAN ESCUDERO

4. - ADHERENCIA Y ANCLAJE

1.- NATURALEZA



REFUERZO ADHERIDO



REFUERZO SIN ADHERENCIA

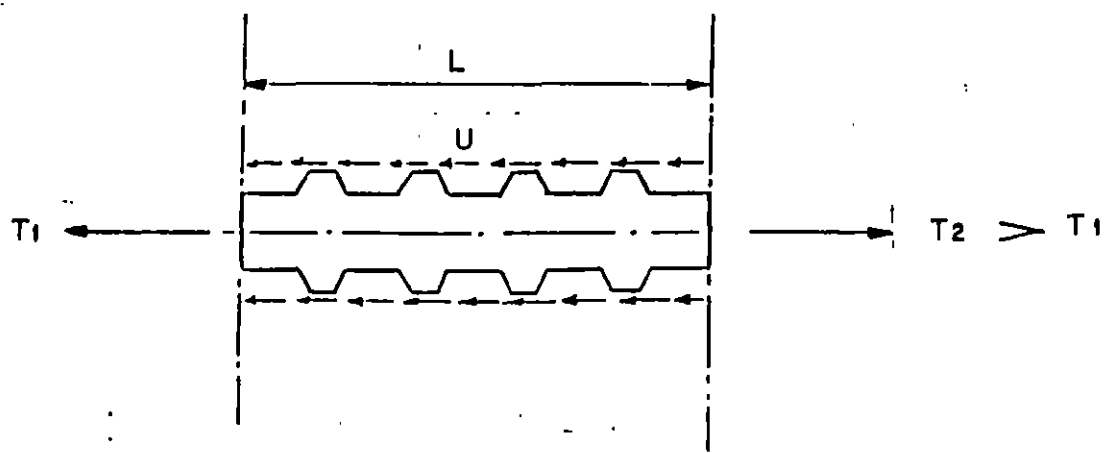
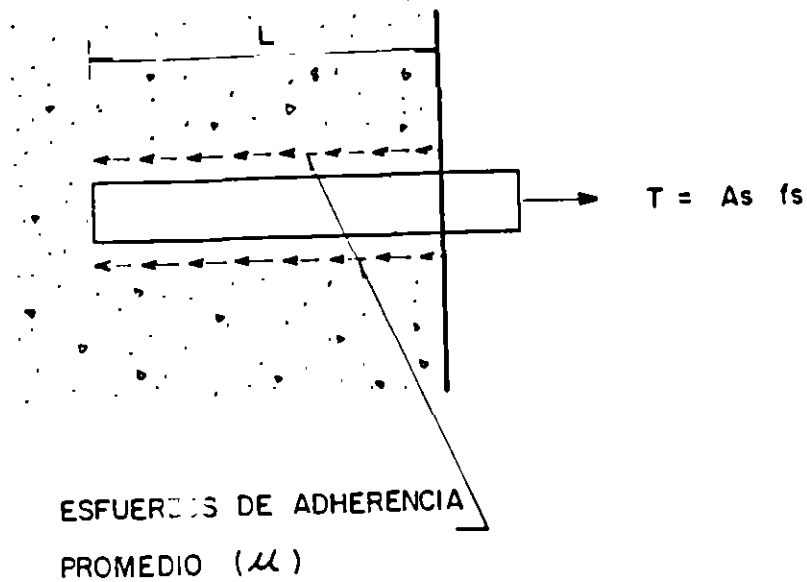


DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE UN TRAMO DE BARRA ADHERIDA

1.1 ORIGEN DE LA ADHERENCIA O RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

- A) ADHESION DE ORIGEN QUIMICO
 - B) FRICCION ENTRE EL ACERO Y EL CONCRETO
 - C) APOYO DIRECTO DE LAS CORRUGACIONES
-
- A) Y B) EN VARILLAS LISAS
 - A) B) Y C) EN VARILLAS CORRUGADAS



POR EQUILIBRIO

$$\mu \Sigma_0(L) = A_s f_s$$

$$\mu = \frac{A_s f_s}{\Sigma_0 L} = \frac{\frac{\pi d_b^2}{4} f_s}{\pi d_b L}$$

$$\mu = \frac{d_b f_s}{4L}$$

Si $f_s = f_y$

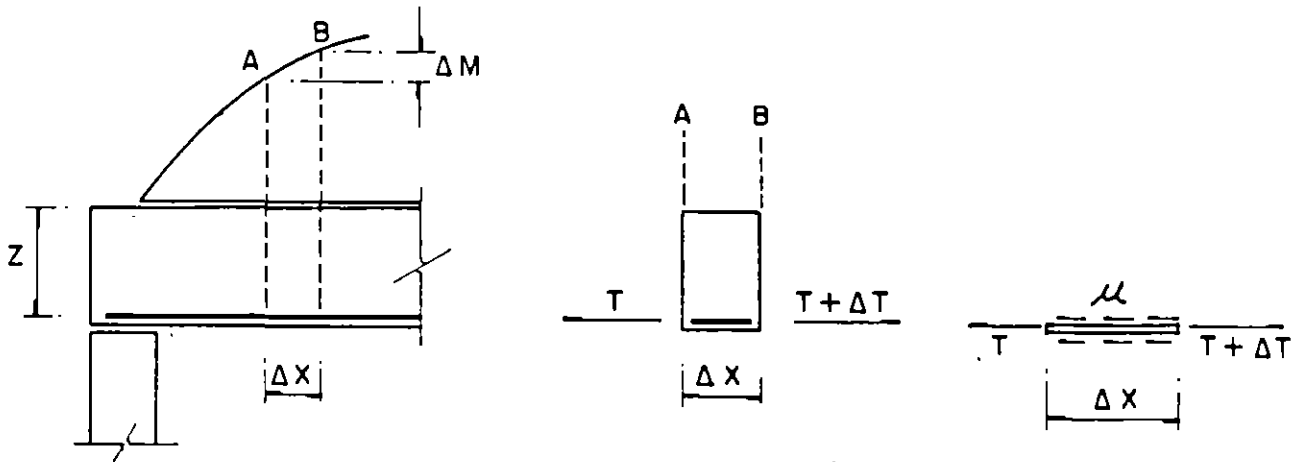
$$\mu = \mu_{\mu}$$

Y $L = l_d$

$$l_d = \frac{f_y d_b}{4\mu_{\mu}}$$

3.- ADHERENCIA POR FLEXION

- A) POR EFECTO DE UN INCREMENTO DE ESFUERZOS EN LAS VARRILLAS DEBIDO A UN CAMBIO EN EL DIAGRAMA DE MOMENTOS.



$$\Delta T = \frac{\Delta M}{z}$$

$$\Delta T = \mu (\Sigma o) \Delta x$$

$$\mu = \frac{\Delta M}{z \Sigma o \Delta x}$$

TOMANDO LIMITES CUANDO $\Delta x \rightarrow 0$

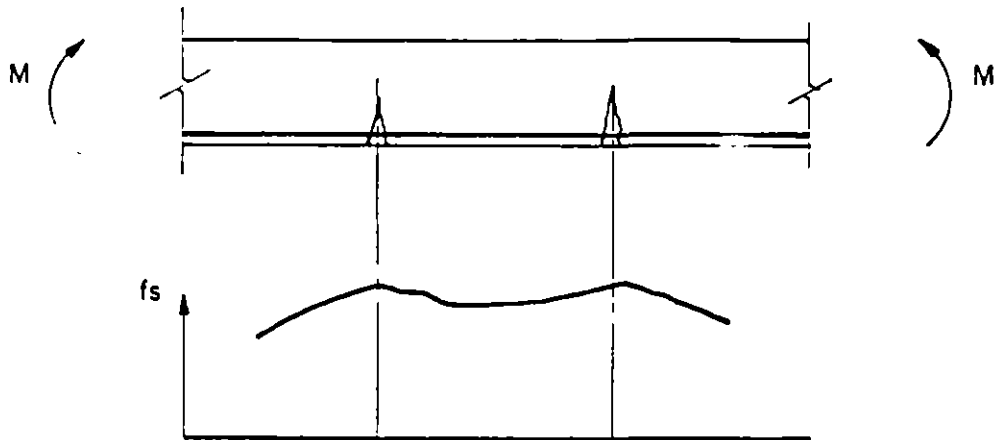
$$\mu = \frac{dM}{dx} \frac{1}{z \Sigma o}$$

PERO $\frac{dM}{dx} = V$

$$\mu = \frac{V}{z \Sigma o}$$

B) CAMBIO EN LOS ESFUERZOS DE LAS VARILLAS
POR AGRIETAMIENTO.

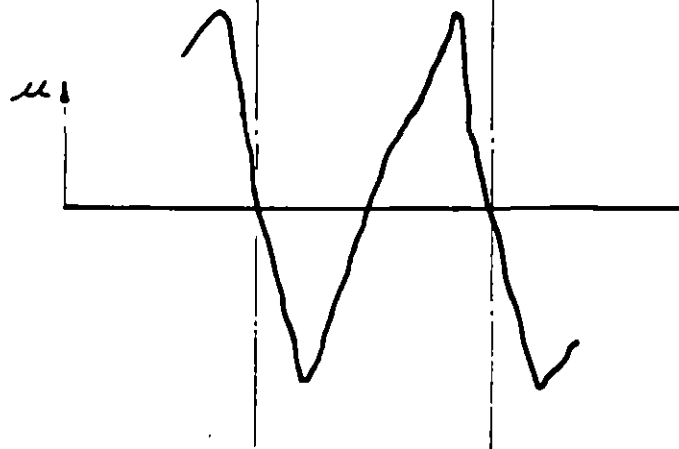
MOMENTO CONSTANTE



ESFUERZOS EN EL ACERO

$$\mu = \frac{T_2 - T_1}{L \approx 0} = \frac{\Delta T}{L \approx 0}$$

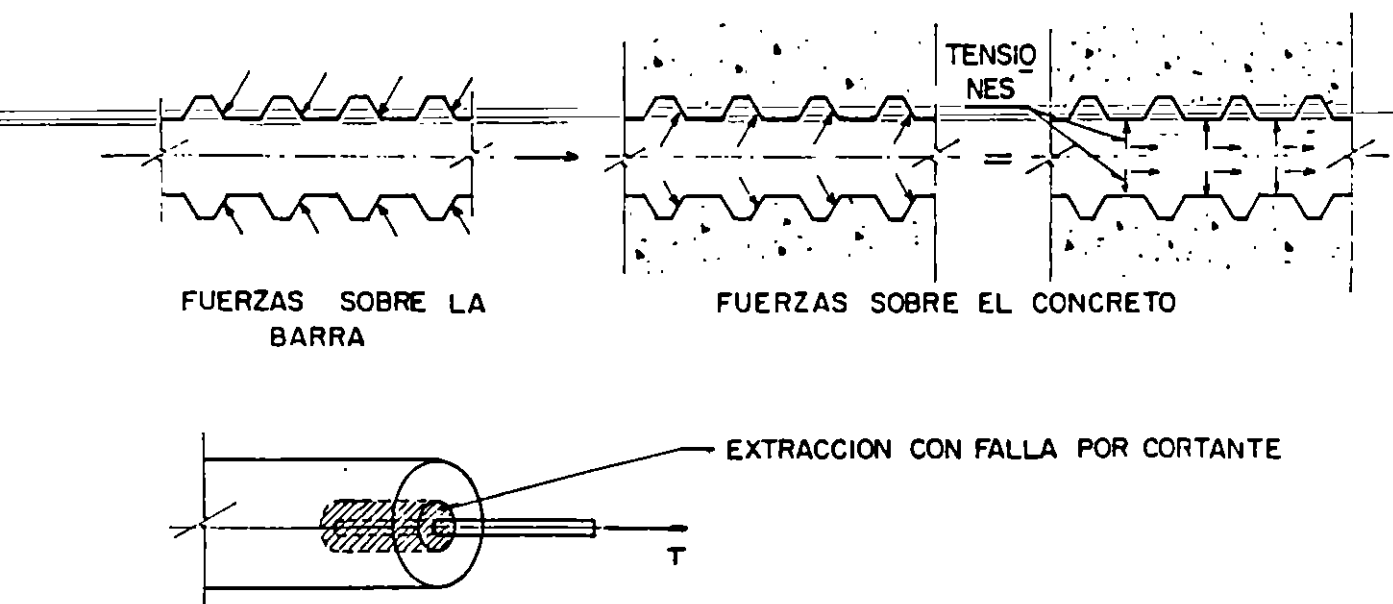
$$\mu = \frac{dT}{dL} \frac{1}{\approx 0} = \frac{df_s}{dL} \frac{\Delta s}{\approx 0}$$



ESFUERZOS DE ADHERENCIA

4.- VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DE LA ADHERENCIA.

- A) RESISTENCIA A TENSION DEL CONCRETO, QUE ES PROPORCIONAL A F'_c .
- B) TIPO DE CORRUGACIONES Y DIAMETRO DEL REFUERZO.
- C) POSICION DEL REFUERZO.
SE DESARROLLA MAYOR ADHERENCIA EN VARILLAS DE LECHO INFERIOR QUE EN LECHO SUPERIOR, Y MEJOR EN BARRAS VERTICALES QUE EN HORIZONTALES.
- D) RECUBRIMIENTO Y SEPARACION DE LAS VARILLAS.
- E) CONFINAMIENTO DEL CONCRETO POR ESTRIBOS CERRADOS.
- F) EN BARRAS A COMPRESION, LA INEXISTENCIA DE GRIETAS DE FLEXION, MEJORA LA ADHERENCIA.

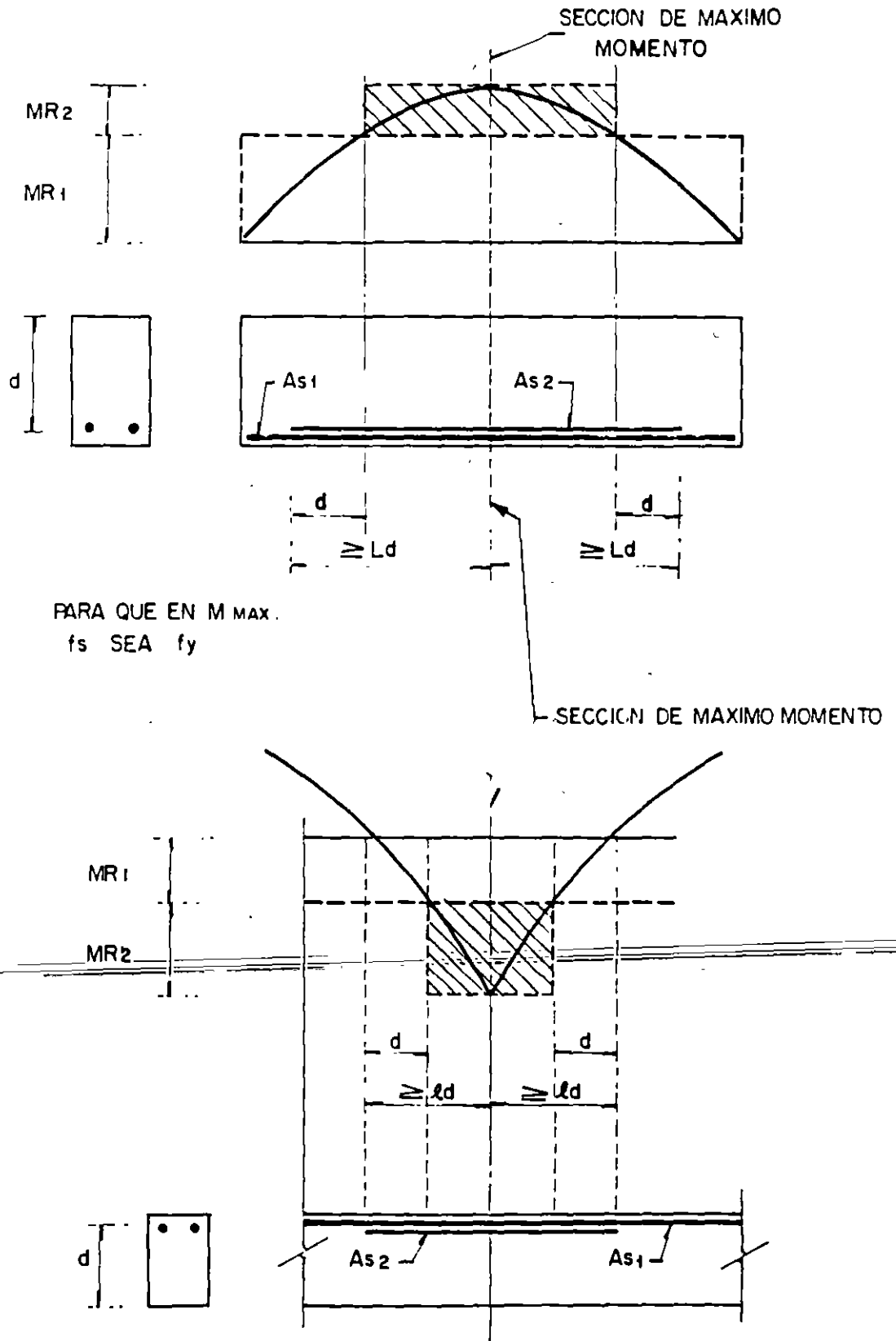


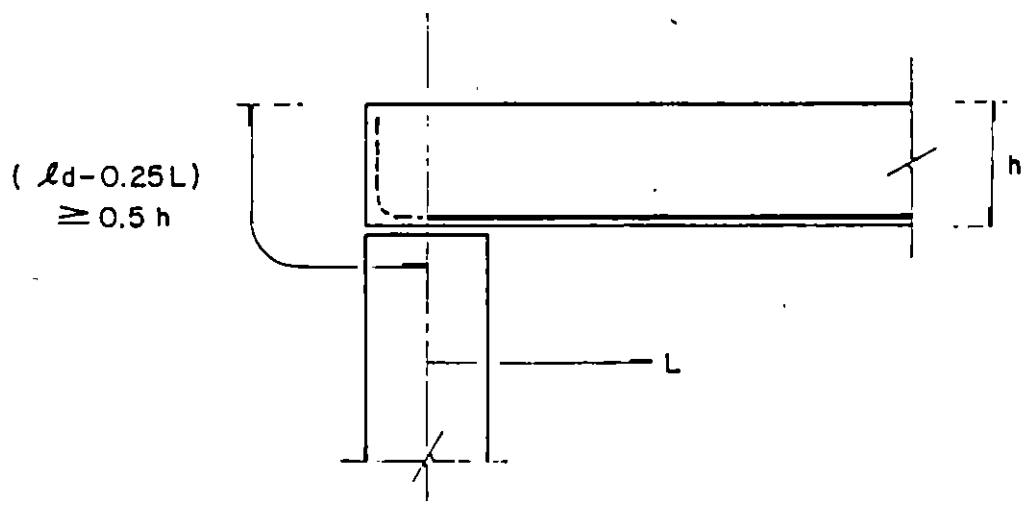
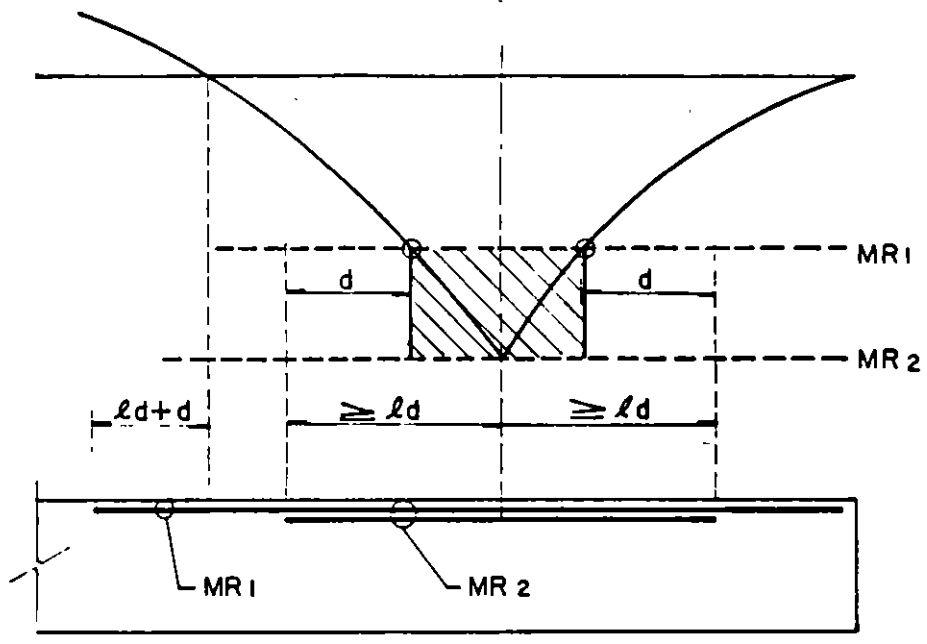
5.- REVISION DE LA ADHERENCIA DEL REFUERZO.

A CAMBIO DE CALCULAR LOS ESFUERZOS DE ADHERENCIA, LOS REGLAMENTOS ESPECIFICAN UNA LONGITUD DE ANCLAJE O DESARROLLO MINIMA QUE DEBE PROPONERSE A CADA LADO DE LAS SECCIONES DONDE SE PRESENTEN ESFUERZOS MAXIMOS EN EL ACERO. ESTA LONGITUD DEPENDE BASICAMENTE DE LAS VARIABLES INDICADAS EN EL PUNTO 4.

6.- REGLAMENTO D. F. 1987

ACERO EN TENSION:





LONGITUD BASICA DE DESARROLLO:

$$L_{db} = 0.06 \frac{a_s f_y}{\sqrt{f'_c}} \cong 0.006 a_b f_y$$

FACTORES PARA OBTENER LA LONGITUD DE DESARROLLO (L_d)

$$L_d = \text{FACTOR } L_{db}$$

<u>CONDICION DEL REFUERZO</u>	<u>FACTOR</u>
BARRAS HORIZONTALES O INCLINADAS COLOCADAS DE MANERA QUE BAJO ELLAS SE CUELEN MAS DE 30 cm DE CONCRETO.	1.4
EN CONCRETO LIGERO	1.33
BARRAS CON F_y MAYOR DE 4200 Kg/cm ² (F_y , EN Kg/cm ²).	2 - $\frac{4200}{F_y}$
BARRAS TORCIDAS EN FRIO DE DIAMETRO - IGUAL O MAYOR QUE 19.1 mm (N°6).	1.2
TODOS LOS OTROS CASOS	1.0

EN NINGUN CASO L_d SERA MENOR DE 30 cm.

EN PAQUETES L_d SE INCREMENTA:

$$\begin{array}{c} \circ \circ \\ \circ \circ \end{array} L_d = 1.2 L_{dc}/B$$

$$\circ \circ L_d = 1.00 L_{dc}/B \quad (\text{NO SE MODIFICA})$$

SI EL ESFUERZO EN EL ACERO ES MENOR QUE F_y :

$$L_d' = \frac{f_s}{f_y} L_d$$

DONDE $f_s = \frac{M}{A_s Z}$

EN VARILLAS LISAS

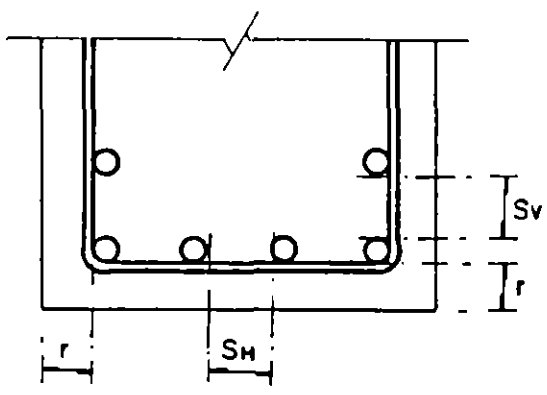
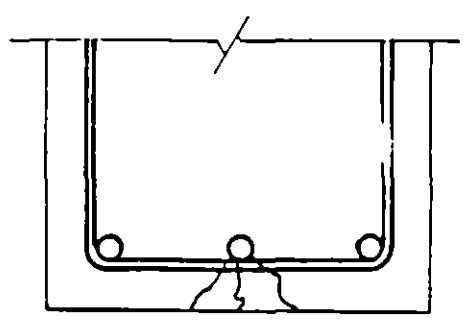
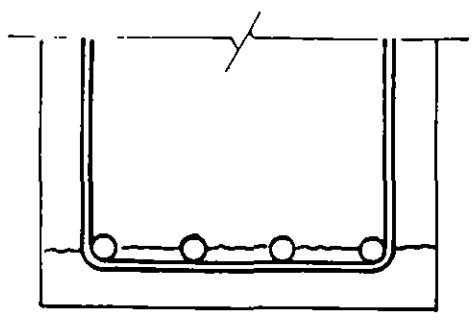
$$L_d' = 2L_{d_{corr}}$$

ACERO EN COMPRESION

$$L_d = 0.6 L_d' \text{ TENSION}$$

$$L_d \geq 20 \text{ cm.}$$

RECUBRIMIENTO Y SEPARACION DE VARILLAS



EN ELEMENTOS NO EXPUESTOS

r.- SERA EL MAYOR DE LOS DOS VALORES SIGUIENTES.

- Ø MAX
- 2 CM.

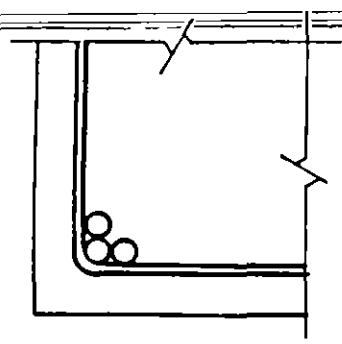
EN ELEMENTOS COLADOS CONTRA EL SUELO.

$$r = \begin{cases} 5 \text{ CM. SIN PLANTILLA} \\ 3 \text{ CM. CON PLANTILLA} \end{cases}$$

$$SH \text{ EL MAYOR DE } \begin{cases} \text{Ø MAX} \\ 1.5 T \text{ MÁX. AGR} \end{cases}$$

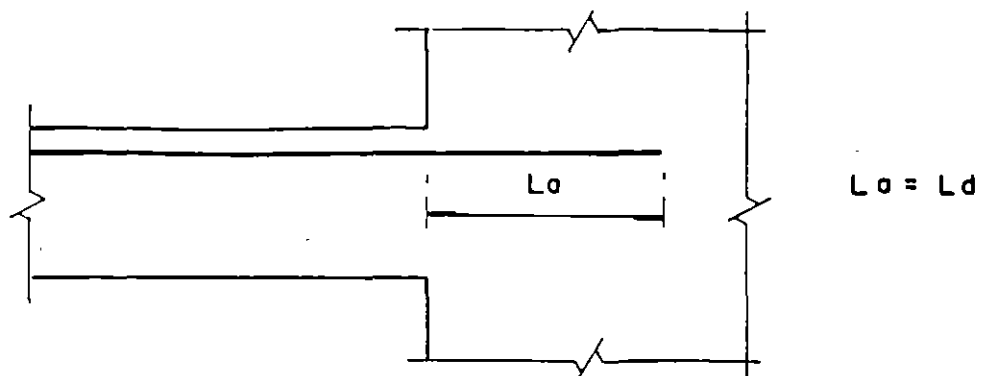
$$sv \text{ EL MAYOR DE } \begin{cases} \text{Ø MAX} \\ 2 \text{ CM} \end{cases}$$

PAQUETES DE BARRAS A CONDICION QUE ESTEN EN UNA ESQUINA DE ESTRIBO.

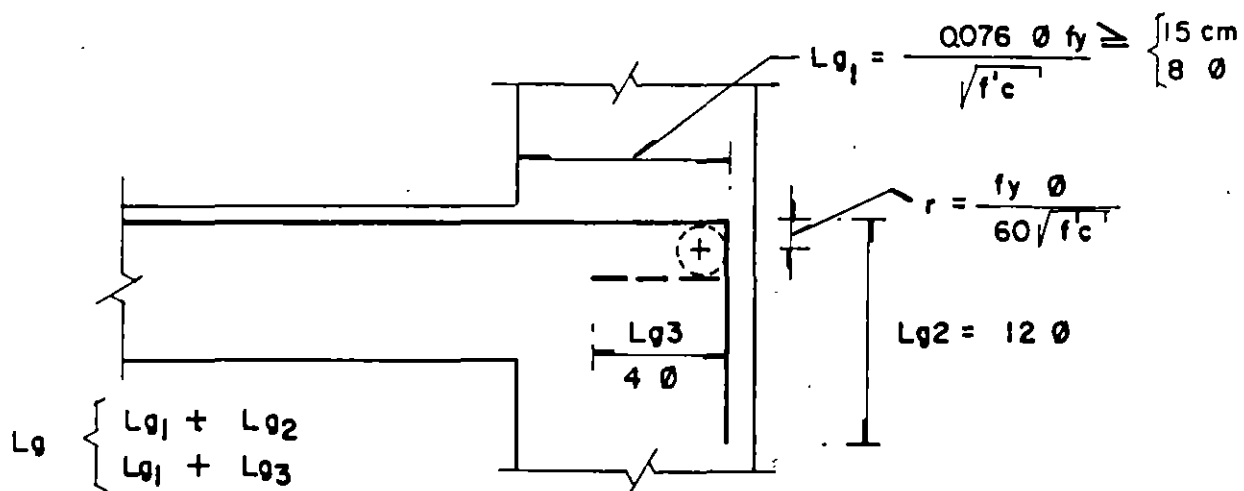


- 3 VARILLAS EN TRABES Y
- 2 EN COLUMNAS (MAX)

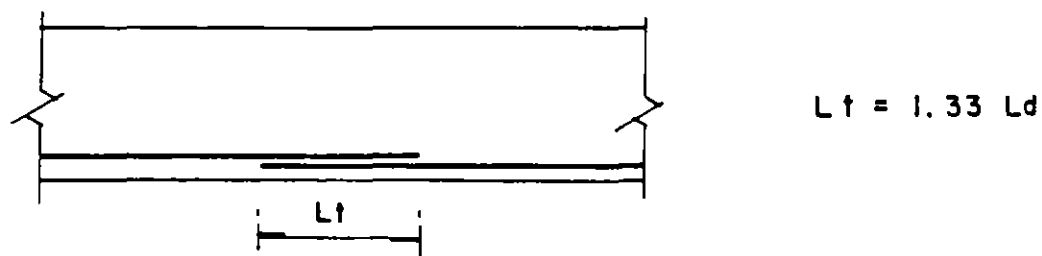
ANCLAJES Y DOBLECES DEL REFUERZO



ANCLAJE RECTO

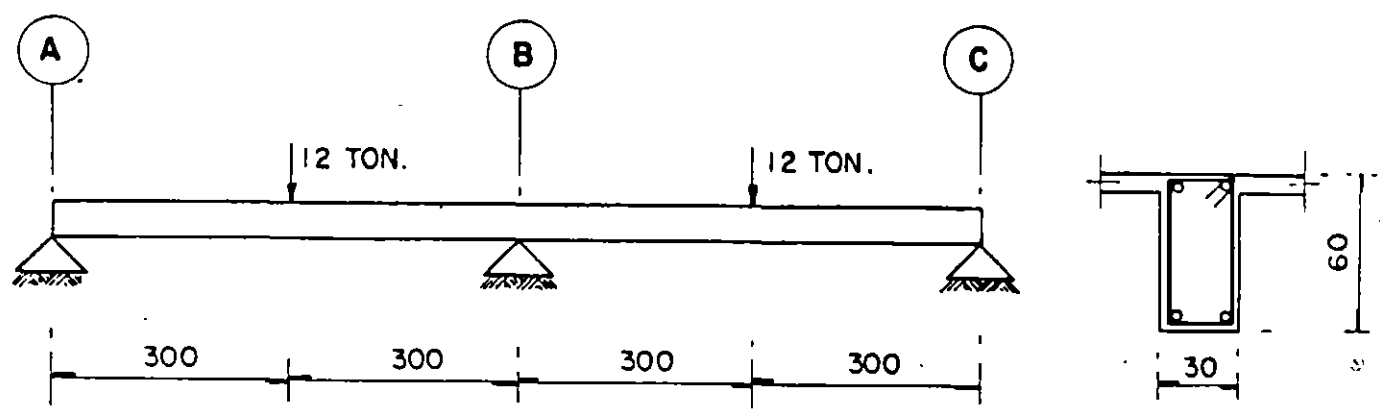


ANCLAJE EN ESCUADRA (L g)



LONGITUD DE TRASLAPE (L t)

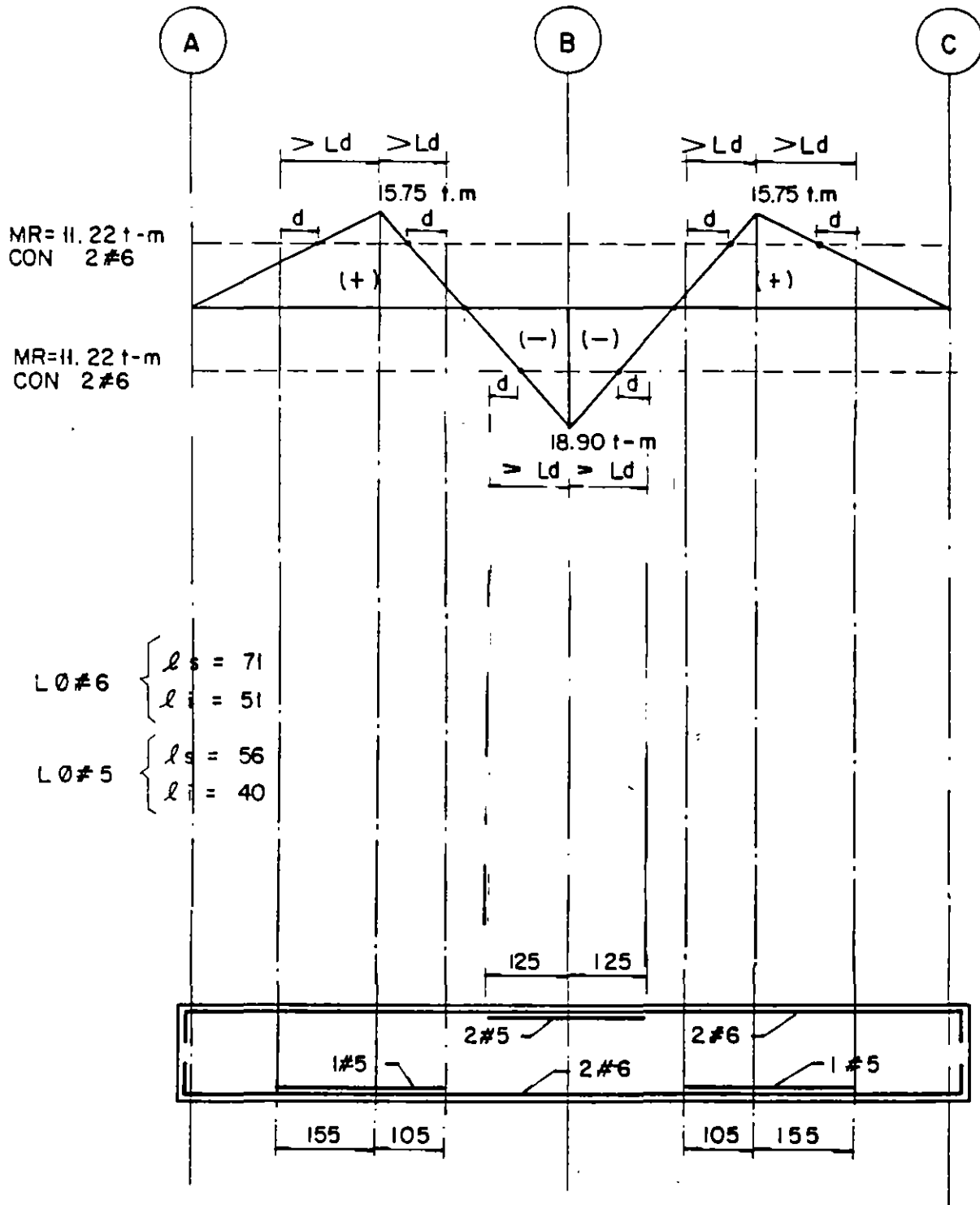
E J E M P L O



DATOS

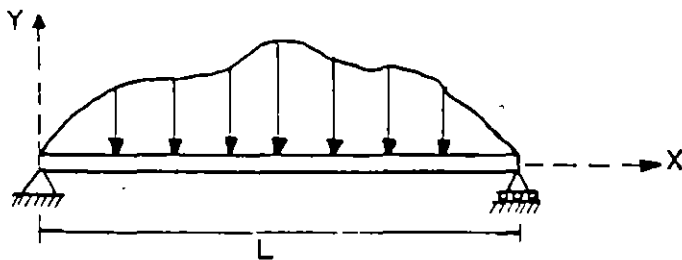
- P = 12 TON.
- b = 30 CM.
- d = 55 CM.
- r = 5 CM.
- h = 60 CM.
- $E'c = 200 \text{ KG/CM}^2$
- $f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$
- FR = 0.9 (FLEXION)
- FC = 1.4

DIAGRAMA DE MOMENTO FLEXIONANTE



5.- DE FLEXIONES

- 1) ECUACION DIF. DE LA CURVA ELASTICA DE VIGAS.



$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI}$$

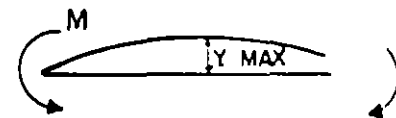
SOLUCIONES EN Y MAX PARA CASOS FRECUENTES



$$Y_{MAX} = \frac{5}{384} \frac{wL^4}{EI}$$



$$Y_{MAX} = \frac{PL^3}{3EI}$$



$$Y_{MAX} = \frac{ML^2}{8EI}$$

- 2) DEFLEXIONES INMEDIATAS

CONSIDERANDO QUE EL ELEMENTO SE ENCUENTRA BAJO CONDICIONES DE SERVICIO, ES APLICABLE LA EC. DIF. DE LA ELASTICA (HIPO TESIS ELASTICAS) CON LOS SIGUIENTES VALORES DE E e I.

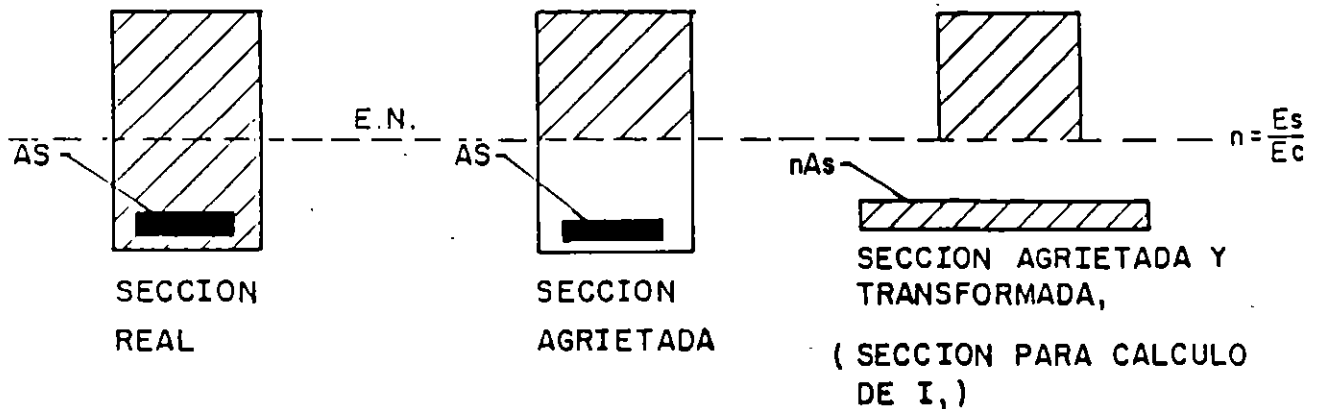
- a) MODULO DE ELASTICIDAD E.

$$E = E_c = \begin{cases} 8000 & \sqrt{f'c} \\ 14000 & \sqrt{f'c} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{C. CLASE II} \\ \text{C. CLASE I} \end{array}$$

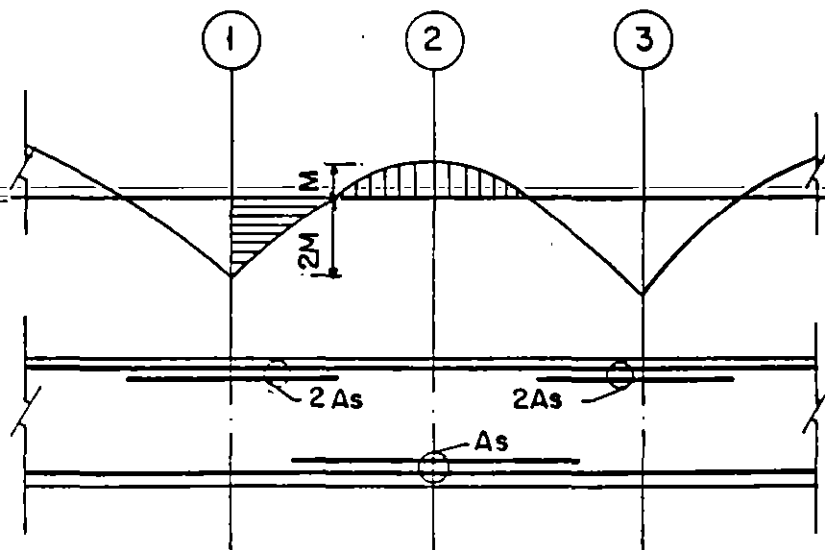
B) MOMENTO DE INERCIA I.

DEBERA CONSIDERARSE EL AGRIETAMIENTO EN TENSION DE LA SECCION, Y EL ARTIFICIO DE LA SECCION TRANSFORMADA PARA CONSIDERAR QUE LA SECCION NO ES DE MATERIAL HOMOGENEO.

- POR LO TANTO UNA SECCION A MOMENTO POSITIVO RESULTA:

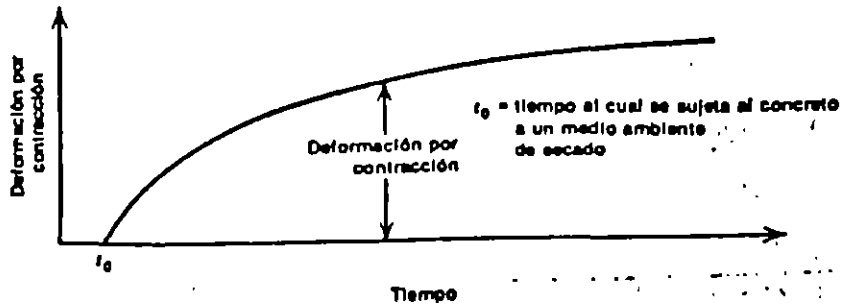


EN CLAROS CONTINUOS DEBERA CONSIDERARSE EL I PROM. DEL CLARO - DE ANALISIS DEBIDO A LA VARIACION DE LAS CANTIDADES DE ACERO A LO LARGO DEL CLARO.



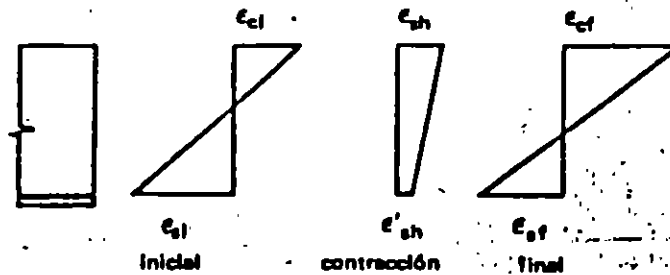
$$I = \bar{I} = \frac{I_1 + I_3 + 2I_2}{4}$$

A).- CONTRACCION



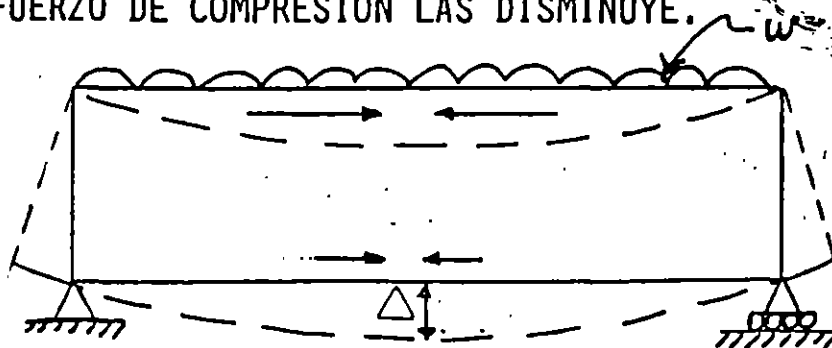
DEFORMACION SIN CARGA, SOLO DEPENDE DEL TIEMPO, Y DE LAS CONDI
CIONES DE FABRICACION Y AMBIENTALES DEL CONCRETO.

V I G A S



EN LAS FIBRAS SUPERIORES ES MAYOR LA CONTRACCION POR NO HABER
REFUERZO QUE LIMITE ESTAS DEFORMACIONES.

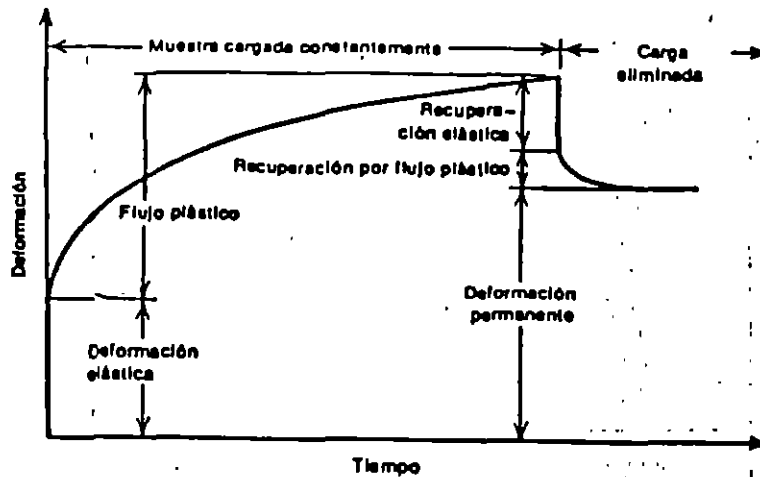
EL REFUERZO DE COMPRESION LAS DISMINUYE.



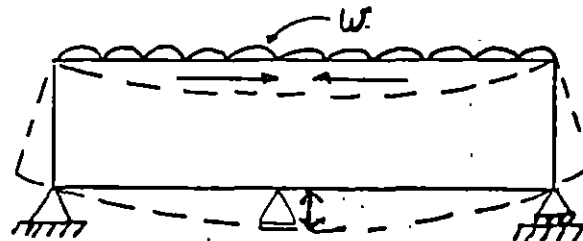
ESTA DIF. EN -
CONTRACCION IN -
CREMENTA LAS -
DEFORMACIONES.

△ - DEFORMACION POR CONTRACCION
DEL MISMO SIGNO QUE LA DEBI
DA A w

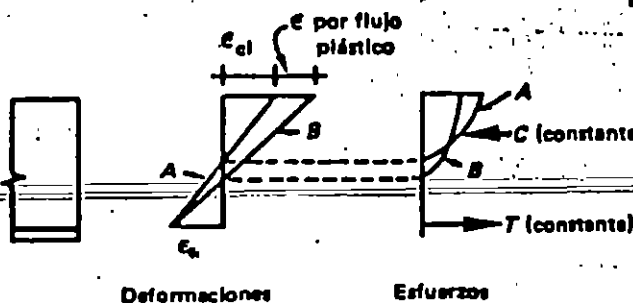
DEFORMACION POR CARGA DE COMPRESION SOSTENIDA.



POR LO TANTO EN VIGAS LA DEFORMACION POR F.P. SERA MAYOR EN LAS ZONAS DE COMPRESION.



DEFORMACION POR FLUJO PLASTICO.



DE ACUERDO CON LO ANTERIOR LAS DEFORMACIONES POR FLUJO PLASTICO, SON DEL MISMO SIGNO DE LAS DEBIDAS A w , Y POR LO TANTO SE SUMAN.

EL ACERO DE COMPRESION DISMINUYE LAS COMPRESIONES EN EL CONCRETO Y CON ELLO REDUCE LAS DEFORMACIONES DEBIDAS A FLUJO PLASTICO.

4.- REVISION DE LOS ESTADOS LIMITE POR DEFLEXIONES

DEFORMACION INMEDIATA Δi

$$\Delta i = K \frac{WL^3}{EI}$$

K = FUNCION DE CARGA Y APOYOS

E = Ec.

I = I SEC. AGRIET. Y TRANSF.

DEFORMACION DIFERIDA Δd

$$\Delta d = k \Delta i$$

$$\text{DONDE } k = \frac{T}{1+50P'}$$

$$T = \begin{cases} 2.- \text{ C. CLASE I} \\ 4.- \text{ C. CLASE II} \end{cases}$$

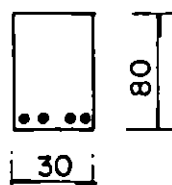
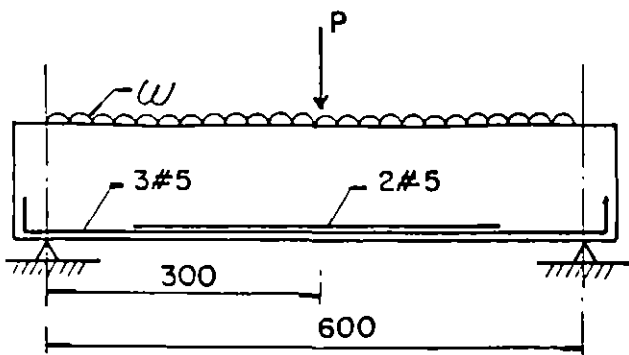
$$P' = \frac{A'S}{bd}$$

DEFORMACION TOTAL Δt

$$\Delta t = \Delta i + \Delta d$$

DEFORMACION ADMISIBLE Δa

$$\Delta a = \begin{cases} \frac{L}{240} + 0.5 \text{ CM} \\ \frac{L}{480} + 0.3 \text{ CM} \end{cases}$$



$A_s = 9.95 \text{ cm}^2$
 $f'_c = 250 \text{ KG/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ KG/cm}^2$
 $E_c = 8000 \sqrt{f'_c} = 126,491 \text{ KG/cm}^2$
 $E_s = 2 \times 10^6 \text{ KG/cm}^2$

CARGAS

$w_{CM} = 1.66 \text{ TON./M.}$ $P_{CM} = 2.49 \text{ TON.}$
 $w_{CV \text{ MED}} = 0.34 \text{ TON/M}$ $P_{VC \text{ MED}} = 0.51 \text{ TON.}$
 $w_{CM} + w_{CV \text{ MED}} = 2.0 \text{ TON/M}$ $P_{CM} + P_{VC \text{ MED}} = 3.0 \text{ TON.}$

1.- CALCULO DE M_s

$$M_s = \frac{wL^2}{8} + \frac{PL}{4} = \frac{2(6)^2}{8} + \frac{3 \times 6}{4} = 13.50 \text{ TON-M}$$

2.- CALCULO DE DEFLEXIONES

2.1 RELACION MODULAR

$$n = \frac{E_s}{E_c} \frac{2 \times 10^6}{126,491} = 15.81$$

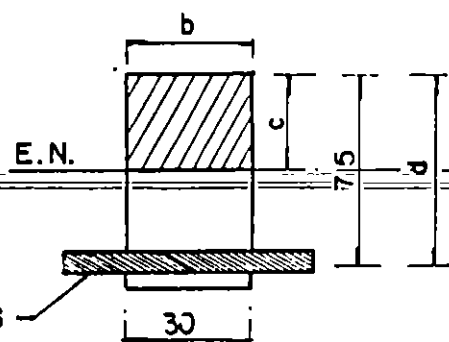
2.2 EJE NEUTRO E.N.

$$\frac{bc^2}{2} n A_s c - n A_s d = 0$$

$$\frac{30c^2 + 15.81(9.95)c - 15.81(9.95)(75)}{2} = 0 \quad n A_s$$

$$15c^2 + 57.31c - 11,798.21 = 0$$

$$c = 33.77 \text{ cm}$$



2.3 MOMENTO DE INERCIA I

$$n A_s (d - c)^2 = 15.81 \times 9.95 (75 - 33.77)^2 = 267.412 \text{ cm}^4$$

$$\frac{bc^3}{3} = \frac{(30 \times 33.77^3)}{3} = 385,117 \text{ cm}^4$$

$$I = 652.530 \text{ cm}^4$$

2.4.- DEFLEXION INMEDIATA BAJO CM + CV MED

$$\Delta_1 = \frac{L^3}{E_c I} = \left(\frac{P}{48} + \frac{5WL}{384} \right)$$

$$\Delta_1 = \frac{600^3}{126491 \times 652530} \left(\frac{3000}{48} + \frac{5 \times 20 \times 600}{384} \right) = 0.57 \text{ cm}$$

2.5.- DEFLEXION DIFERIDA BAJO CM + CVMED

$$F = \frac{4}{1+50 \frac{A's}{bd}} = \frac{4}{1+50 \left(\frac{0}{3,400} \right)} = 4 \quad (\text{PARA CONCRETO CLASE II})$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 F = 0.57 \times 4 = 2.28 \text{ cm}$$

2.6 DEFLEXION TOTAL

$$\Delta_T = \Delta_1 + \Delta_2 = 0.57 + 2.28 = 2.85 \text{ cm}$$

2.7 DEFLEXION INMEDIATA BAJO CM

$$\frac{w_{CM}}{w_{CM} + CVMED} = \frac{1.66}{2} = 0.83 \quad \frac{P_{CM}}{P_{CM} + CVMED} = \frac{2.49}{3} = 0.83$$

$$\Delta_{CM} = \Delta_T \cdot 0.83 = 2.85 \times 0.83 = 2.37 \text{ cm}$$

2.8 DEFLEXION INMEDIATA BAJO CVMED

$$\frac{w_{CM}}{w_{CM} + CVMED} = \frac{0.34}{2} = 0.17 \quad \frac{P_{CM}}{w_{CM} + CVMED} = \frac{0.51}{3} = 0.17$$

$$\Delta_{CVMED} = \Delta_T \cdot 0.17 = 2.85 \times 0.17 = 0.48 \text{ cm}$$

2.9 DEFLEXION ADMISIBLE

$$\Delta_{ADM} = 0.5 + \frac{L}{240} = 0.5 + \frac{600}{240} = 3.0 \text{ cm} > \Delta_T = 2.85 \text{ cm}$$

POR LO QUE LA SECCION ES ADMITIDA



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : MATERIALES UTILIZADOS EN LA ELABORACION DEL
CONCRETO AGUA Y ADITIVOS**

1996

- Muin, N.H., Cristiani and Nielsen Concrete Manual Boletín No. 39 Copenague Dinamarca 1944.
- Secretaría de Obras Públicas. Especificaciones Generales de Construcción Parte VIII 1976.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. Manual de Concreto. - 1970
- Steynour, H.H. Concrete Mix Water How Impure Can It Be. 1960 Portland Cement Association Research and Development Laboratories.
- Testing And Inspection of engineering. Materials third edition. H.B. Davis, G.H. Troxell C.T. Wlakocil McGraw Hill book Company, Inc. N.Y. and London.

México, D. F., a

EL DIRECTOR GENERAL DE
NORMAS COMERCIALES DE LA
SECRETARÍA DE COMERCIO.

EL DIRECTOR GENERAL DE
NORMAS

LIC. HECTOR VICENTE BAYARDO
MORENO.

DR. ROMAN SERRA CASTAÑOS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

AGUA PARA CONCRETO

El agua se utiliza para mezclado o para curado del concreto, generalmente se emplea tal como se encuentra en la naturaleza ya que casi todas las aguas naturales y las aguas tratadas son adecuadas como agua de mezclado para concreto, siempre y cuando no tengan un olor o sabor muy acentuados. Cuando los fines lo justifiquen, se compensan algunas deficiencias mediante el empleo de aditivos o cementos adecuados y en contadas ocasiones se tratan, para modificar su composición química, a fin de lograr su utilización óptima. Es por ésto que se le da poca atención al agua que se utiliza en el concreto, en contraste con la frecuente verificación del cemento y -- agregados que integran las mezclas de concreto.

Agua de mezclado:

Algunas especificaciones indican que un agua es adecuada para la elaboración de -- concreto si es limpia y libre de materiales deletereos; sin embargo, otras especificaciones señalan que si el agua no se obtiene de una fuente que ha sido aprobada, -- la resistencia del concreto o del mortero elaborado con el agua en cuestión, debe -- ser comparada con la resistencia obtenida con concretos o morteros elaborados con -- agua que ya ha sido aprobada.

Por ejemplo: El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. indican que el agua para elaboración de concreto debe tener un pH comprendido entre 6.0 y 8.0 y debe estar libre de materia orgánica. Estas especificaciones también establecen que la resistencia de los morteros elaborados con un agua cuya aceptación está en duda, debe ser por lo menos del 90% de la resistencia del mortero elaborado con agua destilada, tanto a 7 como a 28 días.

Sin embargo, hay dos interrogantes con respecto al agua de mezclado y son: ¿qué tipo de impurezas afectan al concreto? y ¿qué grado de contaminación es permisible?.

A) Cómo afectan las impurezas del agua de mezclado:

1. Las investigaciones realizadas en muchas partes, indican que el tiempo de -- fraguado del cemento portland en las mezclas elaboradas con agua que contiene impurezas, es el mismo que el de mezclas elaboradas con agua limpia, con algunas cuantas excepciones. Y en la mayoría de los casos, las aguas que -- producen largo tiempo de fraguado también reportan relativa baja resistencia a la compresión, por lo cual podemos generalizar que aguas que en las pruebas comparativas de tiempo de fraguado no acusaran resultados satisfactorios, no son adecuadas para emplearse como agua de mezclado en el concreto.

2. Cuando la cantidad de sustancias perjudiciales presentes en el agua es pequeña, los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia, son buenos.
3. Ni el olor ni el sabor son buenos indicadores de la calidad del agua de mezclado. Muchas aguas que tienen mala apariencia han dado buenos resultados en las pruebas de resistencia.
4. Cuando la calidad del agua se determina por medio de pruebas comparativas, si el agua en estudio alcanza solamente el 85%, su comparación con el agua pura, debe ser considerada como inadecuada para la elaboración de concreto. Estas aguas generalmente son: aguas ácidas, aguas alcalinas procedentes de tuberías, aguas carbonatadas procedentes de plantas galvanizadoras, aguas -- que contienen más de 3.0% de cloruro de sodio ó 3.5% de sulfatos y sobre todo aguas que contengan azúcar o similares.

La concentración de sólidos en estas aguas fue de más de 6000 p.p.m. excepto para las aguas carbonatadas que fue de 2140 p.p.m. También muchas aguas se definieron como satisfactorias con una relación de resistencias mayor a 85%, como por ejemplo: aguas con menos de 1% de SO_4 , aguas de mar (excepto para concreto reforzado), aguas alcalinas con menos de 0.15%, de sulfato de sodio o cloruro de sodio, aguas procedentes de cerveceras, fábricas de pinturas o jabones.

Muchas especificaciones excluirían a muchas de estas aguas contaminadas, sobre todo aquellas que señalan que el agua debe ser potable. Sin embargo, no debe generalizarse que las aguas de los tipos mencionados son inocuas para el concreto. Lo importante es primero definir qué tipo de impurezas están presentes en el agua y qué cantidades son las peligrosas. Los ingleses ya hicieron notar lo peligroso que es utilizar aguas con ácidos húmicos u otros ácidos orgánicos y aguas ácidas cuyo efecto no es muy evidente rápidamente -- mientras que sales deletéreas tienen gran efecto en las resistencias a tempranas y largas edades. A continuación se presentan los límites de impurezas que sugiere el U.S. Bureau of Reclamation y la NOM C-122 Mexicana:

TABLE 2—Tolerable concentrations of impurities in mixing water.

Impurity	Maximum Tolerance Concentration
1. Sodium and potassium carbonates and bicarbonates	1 000 ppm
2. Sodium chloride	20 000 ppm
3. Sodium sulfate	10 000 ppm
4. Calcium and magnesium bicarbonates	400 ppm of bicarbonate ion
5. Calcium chloride	2% by weight of cement in plain concrete
6. Iron salts	40 000 ppm
7. Sodium iodate, phosphate arsenate and borate	500 ppm
8. Sodium sulfide	even 100 ppm warrants testing
9. Hydrochloric and sulfuric acids	10 000 ppm
10. Sodium hydroxide	0.5% by weight of cement is set not affected
11. Salt and suspended particles	2 000 ppm

El azúcar es probablemente el contaminante orgánico que se ha ganado más mala reputación como retardante y reductor de la resistencia. La cantidad de azúcares que pueden causar algunos de estos efectos, depende de varios factores, tales como la composición química del cemento, el contenido de cemento, condiciones ambientales, etc.

B) Agua de mar utilizada como agua de mezclado en el concreto:

De acuerdo a las investigaciones realizadas en varias partes del mundo, cuando se tiene una concentración de sales del 3.5% como máximo en el agua de mar, no se produce una reducción significativa en la resistencia del concreto, sin embargo, esta cantidad de sales puede acelerar la corrosión del acero de refuerzo.

En estas pruebas se mostró que la resistencia a 7, 28 y 90 días se redujo en un 6 a 8%, no se observaron eflorescencias, y en algunas de estas pruebas la resistencia a edades tempranas fue mayor en el concreto elaborado con agua de mar que en el concreto elaborado con agua limpia, aún cuando después de 28 días fue menor. En general podemos resumir que es correcto utilizar el agua de mar para elaboración del concreto, aún cuando se puede incrementar el riesgo de corrosión del acero de refuerzo, por lo que generalmente no se especifica para concreto reforzado. Para concreto presforzado definitivamente no debe emplearse el agua de mar para su elaboración.

Agua de curado:

El objeto del agua de curado es mantener al concreto saturado para que se logre la casi total hidratación del cemento que influye de manera muy importante en la resistencia adquirida por el concreto, como se muestra en la Figura 1, ya que estudios recientes han demostrado que solamente la mitad del agua presente en el concreto se puede utilizar para las combinaciones químicas, aún cuando la cantidad total de agua presente en el concreto sea menor que la que se requiere para la combinación.

En el agua de curado debemos hacernos dos importantes preguntas:

1. ¿Hay la posibilidad de que el agua contenga ciertas impurezas que manchen el concreto? y
2. ¿Existen en el agua sustancias agresivas que sean capaces de atacar al concreto causando su deterioración?

En general es muy improbable que el agua utilizada para curado pueda atacar al concreto si el agua es del tipo adecuado para utilizarse en el mezclado, sin embargo, en algunas ocasiones ocurre que se mancha o decolora la superficie del concreto provocada por el agua de curado, pero esto no es objetable. La causa más frecuente del manchado es la concentración de fierro o materia orgánica en el agua; sin embargo, muchas veces aún una baja concentración de estas materias pueden causar el manchado cuando el concreto está sujeto a un humedecimiento prolongado en este tipo de aguas.

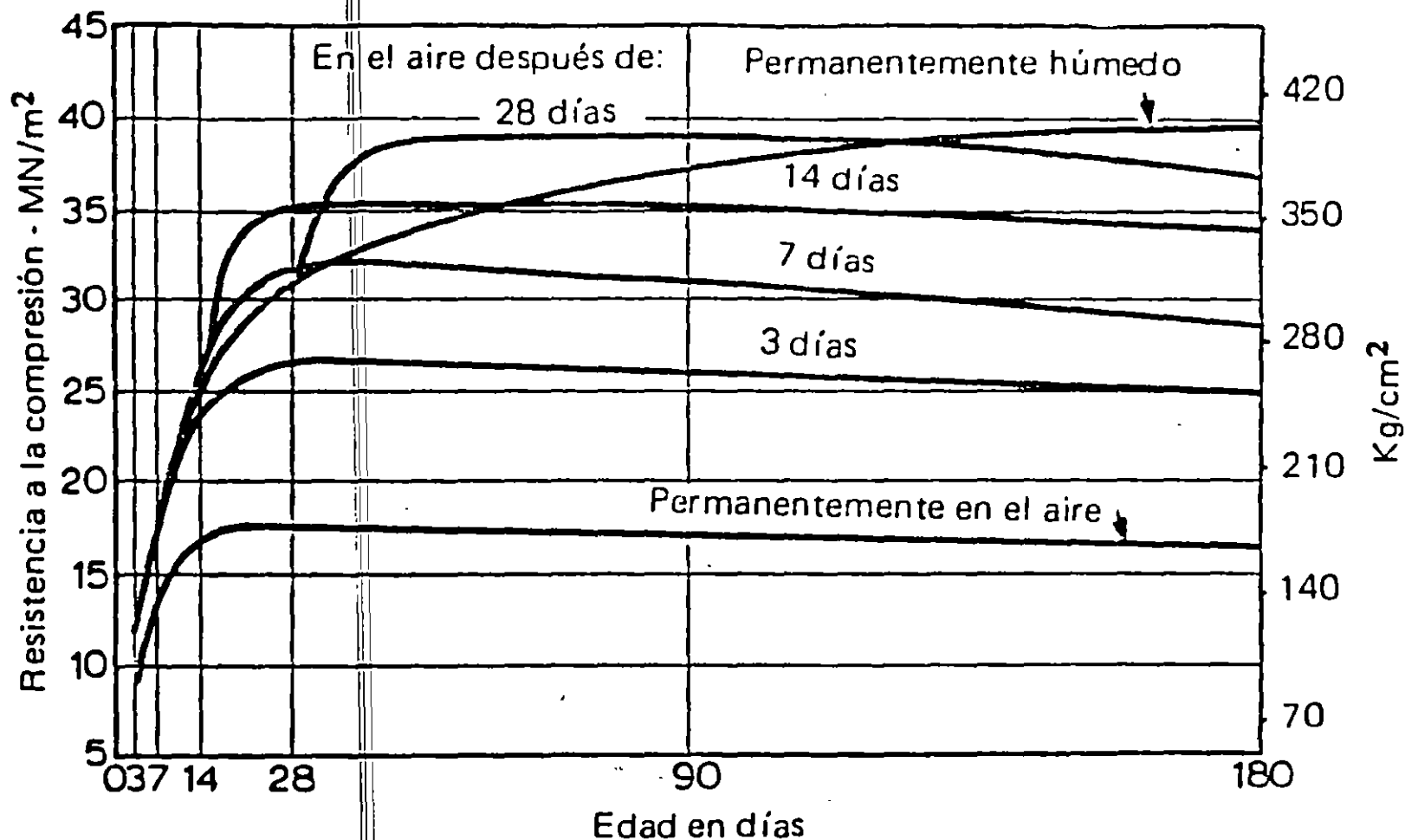


FIGURA 1

Fig. 5.24: La influencia del curado con humedad en la resistencia del concreto con una relación agua/cemento de 0.50.^{5.11}

TOMADO DEL LIBRO "TECNOLOGIA DEL CONCRETO" POR A. M. NEVILLE

- De los reportes de pruebas realizados, 0.08 p.p.m. de fierro solamente produjeron una ligera decoloración y en otros casos 0.06 p.p.m. dieron un ligero color óxido, en cambio, en otras pruebas 0.04 p.p.m. mancharon el concreto de color café oscuro.

Con respecto a las impurezas orgánicas en el agua, es muy difícil determinar mediante análisis químico, si no que imposible, si el agua que se utilizará para el curado del concreto producirá un manchado del concreto por contener un determinado contenido de impurezas orgánicas y las pruebas que existen, en general son métodos que evalúan el daño por observación visual.

P R E F A C I O

En la elaboración de la presente norma participaron las Empresas e Instituciones siguientes:

- LATINOAMERICANA DE CONCRETO, S.A. (L.A.CO.S.A.)
- FESTER DE MEXICO, S.A.
- DURO ROCK, S.A.
- ASOCIACION NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCION (ANALISEC)
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (LABORATORIO DE MATERIALES) (D.D.F.)
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO (IMCYC)
- UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA DE AZCAHOTZALCO (UAM).
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (IMI)
- SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS (SAHOP)
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION (DEPARTAMENTO DE NORMAS Y CONTROL DE CALIDAD (CANACINTRA))
- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION (C.C.N.N.I.C.)

BUILDING. INDUSTRY - WATER FOR CONCRETE

0 INTRODUCCION

La necesidad de conocer los parámetros ideales que deben cumplir las - aguas naturales o contaminadas, diferentes de las potables para emplearse en la elaboración y curado del concreto hidráulico ha hecho que se elabore esta Norma Oficial Mexicana de Agua para Concreto.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos para las aguas naturales o contaminadas, diferentes de las potables que se pretendan emplear - en la elaboración o curado del concreto hidráulico.

También da a conocer la acción agresiva de los diferentes tipos de agua - que se enumeran en el inciso 4.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las vigentes de las siguientes Normas Oficiales Mexicanas.

NOM-C-1	Cemento Portland
NOM-C-2	Cemento Portland Puzolana
NOM-C-88	Determinación de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino.
NOM-C-175	Calidad para Cemento Portland de Escoria de Alto - Hornos.
NOM-C-255	Industria de la Construcción. - Aditivos Químicos que Reducen la Cantidad de Agua y/o Modifican el Tiempo de Fragado del Concreto.
NOM-C-277	Agua para Concreto. - Muestreo
NOM-C-283	Agua para concreto. - Análisis

3 DEFINICIONES

Para mejor entendimiento de esta norma se establecen las definiciones siguientes:

3.1 Aguas puras. (Lluvia, deshielo de glaciares, granizo o nieve de algunos manantiales y pozos).

Bajo un punto de vista práctico, son aquellas cuyo grado hidrotimétrico es inferior a 6 y cuyo pH es aproximadamente 7. En general son aguas que o no tienen sustancias disueltas o las tienen en cantidad mínima y en lo particular aquellas en las que el ión calcio se encuentra en cantidades ínfimas. Estas aguas generalmente provienen de la lluvia, del deshielo de glaciares, nieve o granizo o de manantiales y pozos, de terrenos montañosos cuyas rocas son resistentes al poder disolvente del agua, tales como las porfíricas, basálticas, graníticas, etc.

3.2 Aguas ácidas naturales.

Son aquellas que contienen una cantidad notable de gas carbónico libre, ácido silícico, ácido nítrico o ácidos húmicos y cuyo pH es inferior a 6. Estas, en general son de lluvia que disuelven en dióxido de carbono (CO_2) u óxidos nítricos del aire o que provienen de turberas o pantanos que por descomposición de la materia vegetal son ricas en ácidos húmicos.

3.3 Aguas fuertemente salinas.

Son aquellas que tienen alta concentración de una o varias sales; tienen su origen en el alto poder disolvente de las aguas ácidas y de las puras, al atravesar diferentes terrenos.

3.3.1 Aguas alcalinas.

Son aquellas que han disuelto sales alcalinas de ácidos débiles y que tienen sales de potasio, litio u otros metales monovalentes del tipo alcalino. Estas aguas provienen generalmente de los terrenos graníticos o porfíricos en los que las aguas puras, y las ácidas descomponen los feldespatos alcalinos como la Albita y la Ortosa que tienen silicatos dobles de aluminio y de un metal alcalino.

3.3.2 Aguas sulfatadas (Selenitosas).

Son las que contienen gran cantidad de sulfatos alcalinos de litio sodio, potasio, calcio o magnesio. Algunas de ellas tienen su origen en el ataque ~~de terrenos dolomíticos y/o con yeso por las aguas puras o las ácidas.~~

3.3.3 Aguas cloruradas.

Son las que contienen en mayor proporción cloruros de elementos alcalinos y alcalinoterreos, se originan por la acción disolvente de las aguas puras o las ácidas que atraviesan yacimientos de Sal Gema o antiguos lechos marinos.

3.3.4 Aguas magnesíacas.

Son aquellas que contienen cantidades apreciables de sales solubles, de magnesio, tales como, cloruros, sulfatos y principalmente bicarbonatos.

Estas aguas provienen de terrenos dolomíticos que por acción del gas carbónico disuelto en el agua los hacen solubles por la transformación de los

carbonatos en bicarbonatos; éstos últimos cuando reaccionan con el sulfato de calcio forman el sulfato de magnesio.

3.3.5 Aguas de mar.

Estas tienen una gran cantidad de sales disueltas (aproximadamente 35 000 p.p.m. o más), en la cual predominan el cloruro de sodio, el cloruro de magnesio, el sulfato de magnesio y el sulfato de calcio; su origen se remonta al período terciario.

3.4 Aguas recicladas.

Se consideran como tales las que se usan para el lavado de unidades revolventoras de concreto y que después de un proceso incompleto de sedimentación se emplean en la fabricación del concreto hidráulico. Estas por lo general tienen en suspensión alto porcentaje de finos del cemento y de los agregados sales solubles del cemento, de aditivos cuando se emplean éstos.

3.5 Aguas Industriales

Estas aguas provienen de los desechos de las industrias y dependiendo de su origen pueden ser ácidas, básicas o salinas. Las más perjudiciales para el concreto son aquellas que contienen sulfatos, sulfuros, sales amoniacas, azúcares, ácido sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico, nítrico, ácido láctico, acético, fórmico u otros ácidos orgánicos y álcalis cáusticos.

3.6 Aguas negras

Proviene de los desagües de las poblaciones. Su composición es muy compleja y varía en función de la distancia de su punto de origen.

3.7 Cementos portland ricos en calcio.

Se consideran como tales los cementos portland I, II y III con contenido de cal libre en el límite tolerable y ricos en silicato tricálcico.

3.8 Cemento Sulforesistente

Se consideran como tales a los cementos portland puzolánico, portland de Escoria de Alto Horno, los portland tipos V y los tipos II y IV, siempre y cuando tengan bajo contenido de cal libre y aluminato tricálcico.

4 ACCION AGRESIVA DE LAS AGUAS

La agresividad de las aguas para la elaboración y curado del concreto está en función de la ausencia de compuestos en ellas ó de la presencia de sustancias químicas perjudiciales disueltas ó en suspensión en concentraciones que sobrepasan determinados límites.

A continuación se describe la forma en que actúan.

4.1 Aguas puras

Son agresivas por su acción disolvente e hidrolizante sobre los compuestos-

cálcicos del concreto,

4.2 Aguas ácidas naturales

Su acción se debe a la presencia de gas carbónico libre (CO_2) y/o ácidos húmicos que si vuelven rápidamente los compuestos del cemento, de los agregados calizos y del concreto.

4.3 Aguas fuertemente salinas

Cuando estas aguas contienen fuerte concentración de ciertas sales, éstas propician que otras muy agresivas se vuelvan más solubles antes de la saturación. Como aguas de mezclado, su acción sobre la cal es la que interrumpe las reacciones de fraguado del cemento y cuando se emplean para curado, pueden ejercer una acción disolvente sobre los componentes cálcicos del concreto.

4.3.1 Aguas alcalinas

Éstas producen la hidrólisis alcalina de ciertos compuestos del cemento - por los cationes alcalinos y pueden ser nocivas para toda una gama de cementos diferentes al aluminoso, los cuales sufren un ataque corrosivo con aguas de esta naturaleza ya que los cationes alcalinos tienen una acción - sobre los aluminatos cálcicos hidratados y sobre los iones de calcio.

4.3.2 Aguas sulfatadas (Selenitosas).

Éstas aguas pueden considerarse las más agresivas, en lo particular para los cementos ricos en cal total y aluminato tricálcico y en lo general para aquellos concretos ó morteros fabricados con cementos de reacción básica tales como los portland. En general estas aguas propician la formación de una sal doble fuertemente hidratada, conocida como Sal de Candlot, que es un sulfato aluminato tricálcico bajo una forma pulverulenta y expansiva.

4.3.3 Aguas cloruradas

Estas aguas en general deben considerarse agresivas puesto que la solubilidad de la cal y el yeso en ellas es mayor que en las aguas puras, y en particular este efecto se incrementa en las aguas fuertemente cloruradas, que con la presencia de los cloruros alcalinos favorecen la solubilidad de varias sales agresivas. Por otra parte en determinadas concentraciones - puede ejercer una acción disolvente sobre los componentes del cemento y del concreto, y su agresividad es aún mayor en el caso del concreto armado.

4.3.4 Aguas magnesianas

Las aguas magnesianas que contienen sulfato de magnesio, son de las más agresivas por la gran solubilidad de éste y su tendencia a fijar la cal formando hidróxido de magnesio y yeso insoluble.

Cuando se encuentra disuelto en el agua de mezclado en fuertes dosis, su acción sobre la cal es la que interrumpe el fraguado y esta acción es mayor en el caso de los cementos portland con alto contenido de aluminato tricálcico.

4.3.5 Agua de mar

La acción de las aguas de mar es muy compleja, se parece al de las aguas se- lentosas naturales y aunque su contenido de sulfatos es superior al de éstos - últimos su proceso de ataque es lento y menos agresivo debido a la acumula- ción superficial de calca, formada por la reacción de la cal del cemento con el bicarbonato de calcio que contiene el agua de mar.

Por otra parte el sulfato de calcio no está en el estado de saturación debido a - la presencia de otros sulfatos tales como el de magnesio, que forma un depósi- to de magnesio insoluble en los poros del concreto, también contribuye a dis- minuir su agresividad, la acción inhibidora, no despreciable, de los cloruros - sobre el ataque de los sulfatos. Sin embargo, el empleo del agua de mar en los concretos simples produce eflorescencias. En el concreto reforzado o prefor- zado aumenta el peligro de la corrosión del acero por lo que no debe usarse pa- ra estos fines.

4.4 Aguas recicladas

Estas aguas pueden ser agresivas si contienen sulfatos, cloruros y álcalis en concentraciones considerables (ver 3.3.1., 3.3.2., y 3.3.3.) Por otra parte - si tiene gran cantidad de sólidos en suspensión, y éstos no se toman en consi- deración, el concreto puede acusar los defectos propios del exceso de fines.

4.5 Aguas industriales

Las aguas residuales de las instalaciones industriales, generalmente son per- judiciales para el concreto ya que contienen iones sulfato (SO_4^{2-}), ácidos orgá- nicos e inorgánicos que atacan a todos los tipos de cemento, de éstos los más resistentes son los que prácticamente no contienen cal libre o no tienen posibi- lidad de liberarla, tales como: los aluminosos, los puzolánicos y los de escor- ria de alto horno con bajo contenido de clinker.

4.6 Aguas negras

Dada la complejidad de la composición de las aguas negras no es recomenda- ble el uso de ellas, ya que sus efectos son imprevisibles y solo podrían ser - utilizadas aquellas que previamente han sido tratadas adecuadamente y que - contengan sustancias perjudiciales para el concreto dentro de los límites que se especifican en esta norma.

Notas de la tabla 1.

Valores característicos y límites máximos tolerables de sales e impurezas

Impurezas	Límites en p. p. m.	
	Cementos ricos en calcio	Cementos Sulfato-resistentes
Sólidos en Suspensión		
En aguas naturales (Limos y Arcillas)	2000	2000
En aguas recicladas (Finos de Cemento y Agregados)	50000	35000
Cloruros como Cl (a)		
Para concreto con acero de preesfuerzo y piezas de puentes	400 (c)	600 (c)
Para otros concretos reforzados en ambiente húmedo o en contacto con metales como el aluminio, fierro galvanizado y otros similares	700 (c)	1000 (c)
Sulfato como SO ₄ = (a)	3000	3500
Magnesio como Mg ⁺⁺ (a)	100	150
Carbonatos como CO ₃ =	600	600
Dióxido de Carbonato disuelto, como CO ₂	5	3
Alcalis totales como Na +	300	450
Total de impurezas en solución	3500	4000
Grasas o Aceites	0	0
Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido)	150 (b)	150 (b)
Valor del pH	No menor de 6	No menor de 6.5

a.) Las aguas que excedan los límites enlistados para cloruros, sulfatos y magnesio, podrán emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados u otros orígenes, no excede dichos límites.

b.) El agua se puede usar siempre y cuando las arenas que se empleen en el concreto acusen un contenido de materia orgánica cuya coloración sea inferior a 2 de acuerdo con el método de la NOM-C-88.

c.) Cuando se use cloruro de calcio (CaCl₂) como aditivo acelerante, la cantidad de éste deberá tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de esta tabla.

5 ESPECIFICACIONES

Las aguas a las que se refiere esta Norma que se pretenden usar para la elaboración y curado del concreto hidráulico, excluyendo de ellas el agua de mar, - deben cumplir los requisitos que aparecen en la tabla 1.

El agua de mar cuando sea imprescindible su empleo, se debe usar únicamente para la fabricación y curado de concretos sin acero de refuerzo.

El agua cuyo análisis muestre que excede alguno o algunos de los límites de la tabla 1, se puede utilizar si se demuestra que en concretos de características - semejantes elaborados con esta agua han acusado un comportamiento satisfactorio a través del tiempo en condiciones similares de exposición.

Nota. - Cuando se sospeche que la interacción de los componentes de los ingredientes del concreto, (agua, cemento, agregados, aditivos), puede producir resultados adversos, se deben hacer los estudios y pruebas que se estimen necesarios con la debida anticipación.

6 MUESTREO

La toma de muestra para verificar si el agua en cuestión, cumple con los requisitos de esta norma, estará de acuerdo con la NOM-C-277 (véase 2).

7 MÉTODOS DE PRUEBA

La determinación de las impurezas de las aguas a que se refiere esta norma - se debe hacer de acuerdo con los métodos que se describen en la NOM-C-283, (véase 2) o por cualquier otro método de prueba con el que se obtengan resultados con el mismo grado de confiabilidad.

8 BIBLIOGRAFIA

- American Society for Testing and Materials 1980 Annual Book of
- Standards Part. 14 C-94 Spec. for ready mixed concrete.
- Au Ned Du Mur
Robert L. Hermite
- Societe de Propagande et de Diffusion
Des Technique du Batiment.
- Biczoc. Concrete Corrosion 1967
- British Standard Institute
Bs 3148:80
Water for making concrete
(Including notes on the suitability of the water).

- Bureau of Reclamation, Concrete Manual 1979
U.S. Department of the Interior.
- Concrete and Constructional Engineering.
Water for Mixina Concrete. 1947 London
- Concrete Technology
D.F. Orchard
Contractor "S Record Ltd.
Printed in G.B. by F. J. Parsons
Limited of London 1958.
- Corps of Engineers US Army Hand Book for Concrete
and Cement. Requerlments for Water for Use in Mixing or Curing
Concrete CRD-C-400.
- Czerning W. La química del Cemento. Edición en Español. 1962.
- Duriez, M. y Arrambideu. Nouveaux traite des Materiau de la
Construction Vol. II
- Glesebe, F.B. and G.A. Parkinson effects of varlors salts in the
mixing on the compressive strength of mortar. Boletin No. 2730, -
University of Texas Engineering Research Series 1927.
- Hormigon y aditivos.
Texas, Barcelona.
- Kelnogel, A. Influences on Concrete New York Frederik Ungar
Publishing Co.
- Lea y Desch. The Chemistry of Cement and Concrete 1937.
- L'Hermitte. - Agua para Concreto. 1979.
- Liebs, W. Le Change of Strength of Concrete by Using Sea Water
for Mixing and making Addition Too Concrete. Bautechnik, 1949
- Mc Coy, W.J. Special Technical Publication 169 B. Chapter 43-
Mixing and Curing Water for Concrete. Philadelphia Pa. (c) 1979
- Normas de la Industria Alemana
DIN 4030 y EGL 11357 - 1962.
- Portland Cement Association Design And Control of Concrete Mixtures
Capitulo 3 Mixing Water for Concrete pag. 19 Onceava Edición 1968.
E.U.A.

ADITIVOS PARA CONCRETO

Las normas definen un aditivo como "un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado".

Los aditivos pueden emplearse para modificar las propiedades del concreto, haciendo lo más adecuado para determinado trabajo o por economía.

Los aditivos de acuerdo con el American Concrete Institute se clasifican en cinco grandes grupos:

- a) Acelerantes
- b) Inclusores de aire
- c) Reductores de agua y reguladores de fraguado
- d) Minerales finamente divididos
- e) Diversos

a) Los aditivos que aceleran el endurecimiento de las mezclas de concreto pueden ser:

- 1.- Sales inorgánicas solubles.
- 2.- Compuestos orgánicos solubles.
- 3.- Diversos materiales sólidos o insolubles en el agua de mezclado.

Estos materiales generalmente actúan acelerando la reacción del silicato tricálcico y algunas veces también actúan sobre la hidratación del aluminato tricálcico como son los aditivos de fraguado instantáneo. Su acción es muy compleja y con frecuencia difícil de explicar, ya que actúan químicamente modificando las solubilidades de los constituyentes del cemento. Para cementos distintos a los portland, el comportamiento en general de todos los aditivos es distinto y se deben realizar pruebas previas a su empleo.

Debe tenerse cuidado en su dosificación, ya que muchas de estas sustancias como es el caso de la trietanolamina, pueden actuar como acelerantes pero también como retardantes del fraguado.

- 1.- Las sales inorgánicas solubles que se utilizan pueden ser: cloruros, bromuros, fluoruros, carbonatos, nitratos, tiosulfatos, silicatos, aluminatos o hidróxidos alcalinos.

De éstos, el cloruro de calcio es el acelerante que más se utiliza, ya que es la sal más efectiva cuando se le compara en base al peso, siendo -

además, relativamente económica. El porcentaje que más se utiliza es del 2% en peso con respecto al cemento y esta sal, también incrementa la - - fluencia del concreto y la contracción por secado. El cloruro de calcio reduce la resistencia del concreto al ataque de los sulfatos y acelera la reacción entre los álcalis del cemento y los agregados reactivos.

b) Agentes inclusores de aire.

El descubrimiento relativamente reciente de los aditivos inclusores de aire y su utilización, ha sido sin duda, uno de los mayores progresos en la tecnología de los concretos, puesto que mejoran a la vez, las propiedades de los concretos - - frescos y las de los concretos endurecidos. Se ha podido afirmar que el aire - - ocluido era el quinto constituyente del concreto. Cuando se usan como reductores de agua, una parte importante del aire desaparece antes de que el concreto - - fragüe mientras que en el caso de ser agente inclusor de aire, el aire ocluido - - se mantiene casi íntegramente en el concreto endurecido.

El concreto endurecido sin aditivos, contiene huecos cuyo origen es variado y -- son de diferente tamaño y forma:

- puede ser aire arrastrado durante el mezclado o
- aire procedente de la evaporación del agua del concreto

Estos huecos adoptan formas más o menos regulares que van desde conductos capilares muy finos hasta cavidades de varios milímetros. Son muy perjudiciales y disminuyen la resistencia del concreto. Por el contrario, el aire ocluido por los aditivos tiene otras propiedades, son burbujas de forma redondeada con diámetro entre 10 y 1000 micras, tienen una curva granulométrica continua similar a la de los cementos y de los finos de las arenas de morteros y concretos.

Desempeñan el papel de un fluido que reemplaza parte del agua para darle fluidez al concreto y por experiencia se tiene que si se agrega un "x" porcentaje de - - aire al concreto, es equivalente a $\frac{x}{2}$ por ciento de agua. También de un inerte,

pues las burbujas reemplazan a los finos de la arena con la ventaja de tener una forma más adecuada, ser elástica y poder deslizarse sin rozamiento.

Los anterior explica por qué la mejoría de la reología del concreto fresco, sobre todo en la obra, cuando los agregados son angulosos, las burbujas actúan como lubricante; se aumenta la cohesión y el sangrado disminuye. En el concreto - - endurecido el aire incluido cambia la estructura del material y cortan la red de conductos capilares. Por lo tanto, mejora mucho la resistencia a las heladas y al ataque de sales y aguas agresivas.

Los materiales disponibles comercialmente son: sales de resinas de madera, detergentes sintéticos, sales de lignina sulfonada, sales de ácidos del petróleo, sales de materiales proteínicos, ácidos grasos y resinosos y sus sales y sales orgánicas de carbohidratos sulfonados, siendo el más popular la "resina de vinsol".

Estos agentes inclusores actúan en dosis muy débiles (0.05 a 0.5 por mil con respecto al peso del cemento) pero en el comercio se venden ya diluidos bajo la forma de un líquido color ocre oscuro o incoloro y más raramente en forma de polvo color pardo o castaño claro.

c) Aditivos reductores de agua y regulares de fraguado.

Son aditivos que permiten una reducción de la proporción de agua para igual trabajabilidad o un aumento en la trabajabilidad para igual proporción de agua.

Generalmente el efecto del empleo de estos aditivos es un incremento en la resistencia a la compresión y alguna reducción en la permeabilidad del concreto. Las sustancias que son estos aditivos, productos orgánicos de molécula muy compleja, también pueden modificar las propiedades de fraguado del concreto o de lechadas y producir un efecto retardante; pueden combinarse con aditivos acelerantes para no tener efectos retardantes, o bien, ser además acelerantes.

Modo de actuar: tienen una parte hidrófoba de cadena larga de carbonos que puede contener un núcleo bencénico y una parte hidrófila que generalmente es ionizable, formada por grupos del tipo carboxilato o del tipo sulfonato. Las moléculas de los productos orgánicos son absorbidas y quedan orientadas en las superficies de los granos, de lo que resulta una especie de lubricación de los granos en forma de "pelo de cepillo"; los granos de cemento quedan defloculados e individualizados, esta dispersión facilita aún más su mojado y el esfuerzo cortante que se necesita para ponerlos en movimiento al mezclar y durante la colocación de las masas de concreto, se disminuye grandemente.

Productos básicos: los materiales que generalmente están disponibles en el comercio, son agrupados en cinco familias químicas:

- Jabones de resina o de abietato alcalino, sódico o potásico.
- Lignosulfonato sódico o cálcico.
- Sulfonato de alquilarilo.
- Ácidos carboxílicos hidroxilados, sus sales, modificaciones y derivados.
- Otros materiales como son: sales de zinc, boratos, fosfatos, cloruros, aminas y sus derivados, carbohidratos, poliascáridos y ácidos del azúcar, ester de poliglicol y ciertos compuestos poliméricos como los derivados de la melamina.

Se presentan ya sea en polvo o en forma líquida diluidos, ya que se necesitan dosis débiles.

Principales efectos:

Reducción del agua.- Variable del 5 al 15%, dependiendo de la dosificación del aditivo en el cemento, el tipo de agregados y la presencia de otros aditivos.

Resistencia.- Puede tenerse un aumento en la resistencia a la compresión pero a la flexión éste incremento no es tan significativo.

Si se tiene un efecto retardante con el aditivo, las resistencias tempranas (3 días) pueden disminuirse, a menos que se utilicen en dosis muy elevadas, pero --

las resistencias tardías (28 ó más días) pueden incrementarse hasta en un 25% -- contrariamente, si se tiene efecto acelerante, las resistencias tempranas se incrementan.

Tiempo de fraguado.- También se modifican, teniéndose un retardo de 1 a 3 horas (cuando se utilizan entre 18 y 30°C) pero como se mencionó anteriormente, pueden incluirse productos acelerantes que nulifican este efecto. No tienen influencia en el fraguado falso del cemento, por lo que no se recomienda para controlar esta deficiencia.

Inclusión de aire.- Todos los reductores de agua incrementan la capacidad de incluir aire en el concreto y en el caso de los lignosulfonatos si no se modifica su fórmula, incluyen aire en diversos grados, generalmente del 2 al 6%. Estos lignosulfonatos disminuyen el sangrado del concreto y la segregación y los carboxílicos aumentan el sangrado.

Pérdida de revenimiento.- En general la velocidad de pérdida de revenimiento no se modifica con estos aditivos y algunas veces se incrementa.

Durabilidad.- Al utilizar aditivos reductores de agua, se logra un pequeño incremento en la durabilidad, ya sea por el efecto del aire incluido que se logra o por la reducción en la relación agua/cemento y la reducción en la permeabilidad.

Estos aditivos reductores de agua, comunes o de alto rango, pueden comportarse de manera diferente con distintos cementos y en ciertas combinaciones puede haber incompatibilidad o producirse efectos indeseables, como un efecto de retardo, -- excesivo, o bién, un endurecimiento prematuro, dependiendo de la dosificación, de la familia química a que pertenece el aditivo y desde luego, de la composición química del mismo cemento. Este problema de incompatibilidad actualmente se está estudiando profusamente.

Los reductores de agua no deben ser utilizados con concretos que contengan exceso de agua y en general, son más eficaces con cementos que contengan poco aluminato tricálcico y pocos álcalis.

Aditivos retardantes:

Desde comienzos de la fabricación de cemento, se conoce la acción del yeso para retardar el fraguado y la acción retardadora del azúcar se conoce desde principios del siglo, pero los retardantes modernos y su comercialización empezó después de 1945 en varios países del mundo.

El efecto de retardo se puede explicar como "la formación de películas protectoras en torno a los granos de cemento" que retrasan algún tiempo su hidratación.

Al igual que los acelerantes, los retardantes actúan sobre el silicato cálcico o el aluminato cálcico del cemento, entorpeciendo la disolución de la cal o colmatando la superficie de los granos de cemento mediante una película poco permeable de iones cálcicos, o bién, retardando la disolución del aluminato tricálcico. Como ya se dijo anteriormente, un producto puede actuar como retardador o como -

acelerador, según las dosis del producto: dosis elevadas de aditivos aceleran el fraguado, dosis extremadamente débiles lo retrasan. Las resistencias finales se aumentan con los retardantes y se ven disminuídas con los acelerantes.

Productos base: lignosulfonatos, ácidos y sales de ácidos hidrocarboxílicos, hidratos de carbono de fórmula general $C_n (H_2O)_m$, los azúcares y sus compuestos, los ácidos fosfóricos, fluorhídrico, húmico, la glicerina, los óxidos de zinc y plomo, el borax, las sales de magnesio, etc.

Los aditivos retardantes frecuentemente tienen la propiedad de fluidificar el concreto y el sangrado se modifica muy poco.

Hay que tener cuidado con las sobredosificaciones, ya que después de un determinado porcentaje, los tiempos de fraguado aumentan considerablemente. Por ejemplo, en un estudio, la sobredosificación de 4 veces la dosis recomendada para un retardo de tres horas provocó un retardo de hasta 150 horas.

En otros estudios, se observó la influencia de:

- El origen o procedencia de los cementos. Según su composición se observaron grandes diferencias.
- De la relación agua/cemento. Los concretos con una relación a/c pequeña, tienen tiempos de fraguado más cortos a pesar de usar dosis más altas de retardante, añadida por m³ de concreto. También se observó que ciertos retardantes podían ser eficaces para combatir al falso fraguado.
- De la forma de agregar el retardante durante el mezclado. También tiene gran importancia, si el cemento se mezcla previamente durante algunos minutos con agua sola y después de agregar el retardante, el retardo en el fraguado es mucho mayor que si el retardante se agrega al agua desde el comienzo del mezclado y este retardo es relativamente mayor cuando el contenido de C_3A era más elevado.

Resumiendo las precauciones y condiciones a emplear:

- 1.- Es preferible que el aditivo se utilice en forma líquida y su dosificación varíe entre 0.1 y 1% con relación al peso del cemento.
- 2.- La acción del aditivo varía mucho con:
 - La naturaleza del cemento y su dosificación.
 - La dosis del aditivo.
 - La relación a/c.

Por lo cual siempre es indispensable efectuar ensayos preliminares en la obra con varias dosificaciones.
- 3.- Un buen retardador disminuye las resistencias en las primeras horas, más no debe modificarlos cuando ya haya transcurrido más de 3 días (a igualdad de plasticidad).

4.- Muchos retardantes tienen una acción fluidificante y de inclusión de aire -- (Vgr. ácidos orgánicos y lignosulfonatos), por lo que hay que vigilar su dosificación con inclusores de aire para que no se produzcan decrementos importantes en la resistencia del concreto (menos de 5% de aire ocluido).

d) Aditivos minerales finamente divididos:

Estos aditivos principalmente se refieren a las puzolanas, cenizas volantes, las cales hidráulicas, escoria granulada de alto horno, polvo fino de piedra caliza, etc. Al usarlos se pretende mejorar la trabajabilidad, fluidez, bombeabilidad del concreto y también para desarrollar resistencia adecuada sustituyendo una -- porción del cemento; en estas aplicaciones las características químicas del aditivo pueden ser de importancia secundaria.

Estos materiales además de ser considerados como aditivos para concreto, son adiciones comunes al cemento portland y cuya mezcla constituye los cementos portland compuestos o mezclados.

El empleo de un aditivo mineral finamente dividido puede reducir el sangrado, la segregación e incrementar la resistencia del concreto, aportando los finos en el agregado, cuando hay esta deficiencia.

Si la forma de las partículas no es adecuada o favorable, que es el caso de los vidrios volcánicos triturados, puede requerirse un aumento en el contenido de -- agua de mezclado para un determinado revenimiento y por lo tanto, contribuir a -- la segregación y sangrado excesivo del concreto fresco, así como a la contracción por secado del concreto endurecido.

Estos aditivos puzolánicos generalmente incrementan la resistencia de ataque químico, ya sea sulfatos, aguas ácidas, etc. También ya se ha demostrado que pueden servir para reducir o eliminar la reacción álcali-agregado; sin embargo, el uso de una proporción demasiado pequeña de puzolana puede, de hecho, incrementar los efectos perjudiciales de esta particular reacción.

También estos aditivos actúan mejorando la impermeabilidad de los concretos, aún cuando es de justicia reconocer que la mayor parte de los trabajos sobre permeabilidad del concreto se han realizado con puzolanas o cenizas volantes. Davis -- concluyó que en concreto masivo el uso de puzolanas adecuadas en una proporción regular o elevada proporciona una impermeabilidad que no se obtiene por otros medios. Parte de esta mejora se puede atribuir a que en el concreto se reduce la segregación y el sangrado, así como la cantidad de agua para una determinada trabajabilidad.

e) En esta clasificación de aditivos, podemos mencionar como otro tipo de aditivos, los aditivos generadores de gas, aditivo para relleno, expansores, que mejoran la cohesión y adherencia, los colorantes, impermeabilizantes integrales, insecticidas, fungicidas, inhibidores de corrosión, etc.

ACERO DE REFUERZO

SON LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO QUE SE USAN ASOCIADOS AL CONCRETO PARA ABSORBER ESFUERZOS ESTE POR SI SOLO, ES INCAPAZ DE SOPORTAR.

MATERIALES:

- A) EL ACERO DE REFUERZO DEBERA SATISFACER LOS REQUISITOS ESPECIFICADOS EN LOS PROYECTOS RESPECTIVOS, ASI COMO LOS SEÑALAMIENTOS QUE A ESTE RESPECTO SE HACEN EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION EN VIGOR FIJADAS POR LA DIRECCION GENERAL DE NORMAS.
- B) LA PROCEDENCIA DEL ACERO DE REFUERZO DEBERA SER DE UN FABRICANTE APROBADO PREVIAMENTE POR EL INSTITUTO.
- C) CADA REMESA DE ACERO DE REFUERZO RECIBIDA EN LA OBRA DEBERA CONSIDERARSE COMO LOTE Y ESTIBARSE SEPARADAMENTE DE AQUEL CUYA CALIDAD HAYA SIDO YA VERIFICADA Y APROBADA. DEL MATERIAL ASI ESTIBADO SE TOMARAN LAS MUESTRAS NECESARIAS PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS CORRESPONDIENTES, SIENDO OBLIGACION DEL CONTRATISTA COOPERAR PARA LA REALIZACION DE DICHAS PRUEBAS, PERMITIENDO AL INSTITUTO LIBRE ACCESO A SUS BODEGAS PARA LA OBTENCION DE LAS MUESTRAS. EN CASO QUE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS NO SATISFAGAN LAS NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS EL MATERIAL SERA RECHAZADO.
- D) EL MATERIAL DE REFUERZO DEBERA LLEGAR A LA OBRA LIBRE DE OXIDACION, EXCENTA DE GRASA, QUIEBRES, ESCAMAS, HOJADURAS Y DEFORMACION EN SU SECCION.
- E) EL ACERO DE REFUERZO DEBERA ALMACENARSE CLASIFICANDOLO POR DIAMETROS Y GRADOS BAJO COBERTIZO COLOCANDOLO SOBRE PLATAFORMAS, POLINES U OTROS SOPORTES Y SE PROTEGERA CONTRA OXIDACIONES Y CUALQUIER OTRO DETERIORO.
- F) CUANDO POR HABER PERMANECIDO UN TIEMPO CONSIDERABLE ALMACENADO, EL ACERO DE REFUERZO SE HAYA OXIDADO O DETERIORADO, SE DEBERAN HACER NUEVAMENTE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA QUE EL INSTITUTO DECIDA SI SE ACEPTA O SE DESECHA. SI ES ACEPTADO DEBERA LIMPIARSE POR MEDIOS MECANICOS QUE EL INSTITUTO INDIQUE.
- G) CUANDO SE DETERMINE POR EL LABORATORIO QUE EL GRADO DE OXIDACION ES ACEPTABLE, LA LIMPIEZA DEL POLVO DE OXIDO DEBERA DE HACERSE POR PROCEDIMIENTOS MECANICOS ABRASIVOS (CHORRO DE ARENA O CEPILLO DE ALAMBRE).
- H) IGUAL PROCEDIMIENTO DEBERA DE HACERSE PARA LIMPIAR EL ACERO DE LECHADAS O RESIDUOS DE CEMENTO O PINTURA ANTES DE REANUDAR LOS COLADOS; SIEMPRE DEBERA EVITARSE LA CONTAMINACION DEL ACERO DE REFUERZO CON SUSTANCIAS GRASAS Y EN EL CASO DE QUE ESTO OCURRA SE REMOVERA CON SOLVENTES QUE NO DEJEN RESIDUOS GRASOS.

- I) EN RESUMEN, SIEMPRE DEBERA DE GARANTIZARSE LA ADHERENCIA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y EL CONCRETO.

DOBLADO DE VARILLAS.

- A) CON EL OBJETO DE PROPORCIONAR AL ACERO LA FORMA QUE FIJE EL PROYECTO, LAS VARILLAS DE REFUERZO DE CUALQUIER DIAMETRO SE DOBLARAN EN FRIO.
- B) CUANDO EXPRESAMENTE LO AUTORICE EL INSTITUTO, LAS VARILLAS PODRAN DOBLARSE EN CALIENTE, Y EN ESTE CASO, LA TEMPERATURA NO EXCEDERA DE 200°C. LA CUAL SE DETERMINARA POR MEDIO DE LAPICES DEL TIPO DE FUSION. SE EXIGIRA QUE EL ENFRIAMIENTO SEA LENTO, RESULTADO DEL PROCESO NATURAL, DERIVADO DE LA PERDIDA DE CALOR POR EXPOSICION AL MEDIO AMBIENTE.
- C) NO SE PERMITIRA EL CALENTAMIENTO DE VARILLAS TORCIDAS O ESTIRADAS EN FRIO,.

GANCHOS Y DOBLECES:

A MENOS QUE EL PROYECTO Y/O EL INSTITUTO INDIQUEN OTRA COSA, LOS DOBLECES Y GANCHOS DE ANCLAJE SE SUJETARAN A LAS DISPOSICIONES DEL A.C.I., DEBIENDO CUMPLIR ADEMAS CON LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

- A) EN ESTRIBOS, LOS DOBLECES SE HARAN ALREDEDOR DE UN PERNO QUE TENGA UN DIAMETRO IGUAL O MAYOR A DOS VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA.
- B) LOS GANCHOS DE ANCLAJE DEBERAN HACERSE ALREDEDOR DE UN PERNO QUE TENGA UN DIAMETRO IGUAL O MAYOR A SEIS VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA.
- C) EN LAS VARILLAS MAYORES DE 2.5 CMS. DE DIAMETRO, LOS GANCHOS DE ANCLAJE DEBERAN HACERSE ALREDEDOR DE UN PERNO IGUAL O MAYOR A OCHO VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA.
- D) NO SE PERMITIRA EL REENDEREZADO Y DESDOBLADO DE VARILLA.

JUNTAS DE ACERO DE REFUERZO:

- A) TODAS LAS JUNTAS EN EL ACERO DE REFUERZO SE HARAN POR MEDIO DE TRASLAPES CON UNA LONGITUD IGUAL A 40 DIAMETROS DE LAS VARILLAS EMPALMADAS, SALVO INDICACION EN CONTRARIO.
- B) LOS EMPALMES NO DEBERAN HACERSE EN LAS SECCIONES DE MAXIMO ESFUERZO, SALVO A JUICIO DEL INSTITUTO SE TOMEN LAS PRECAUCIONES DEBIDAS, TALES COMO AUMENTAR LA LONGITUD DE TRASLAPE O USAR COMO REFUERZO ADICIONAL HELICES O ESTRIBOS ALREDEDOR DEL MISMO, EN TODA SU LONGITUD.
- C) EN CASO QUE SE ESPECIFIQUEN JUNTAS SOLDADAS O TOPE, ESTAS SE EFECTUARAN DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY, Y DE

TAL MANERA QUE SEAN SIEMPRE CAPACES DE DESARROLLAR UN ESFUERZO A LA TENSION IGUAL AL 125% DE LA RESISTENCIA DE FLUENCIA ESPECIFICA PARA EL ACERO DE REFUERZO EN EL PROYECTO. ESTAS CAPACIDADES SERAN CONTROLADAS POR MEDIO DE LAS PRUEBAS FISICAS Y RADIOGRAFICAS QUE EL INSTITUTO SEÑALE.

- D) LA SOLDADURA DE LOS ELEMENTOS DEBERA EFECTUARSE DE ACUERDO CON LO INDICADO EN EL CROQUIS ADJUNTO.
- E) NO DEBERA TRASLAPARSE O SOLDARSE MAS DEL 50% DEL ACERO DE REFUERZO EN UNA MISMA SECCION.
- F) LAS JUNTAS EN UNA MISMA BARRA NO PODRAN ESTAR MAS CERCANAS DE OTRA DE UNA LONGITUD EQUIVALENTE A 40 METROS, MIDIENDOSE ESTA ENTRE LOS EXTREMOS MAS PROXIMOS DE LAS VARILLAS.

COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO:

- A) EL ACERO DE REFUERZO DEBERA COLOCARSE Y MANTENERSE FIRMEMENTE DURANTE EL COLADO EN LAS POSICIONES, FORMA, LONGITUDES, SEPARACIONES Y AREA QUE FIJE EL PROYECTO.
- B) LA DISTANCIA MINIMA DE CENTRO A CENTRO ENTRE DOS VARILLAS PARALELAS DEBE SER DE $2\frac{1}{2}$ VECES SU DIAMETRO SI SE TRATA DE SECCIONES CIRCULARES, ó 3 VECES LA DIMENSION DIAGONAL SI SE TRATA DE SECCION CUADRANGULAR. EN TODO CASO, LA SEPARACION DE LAS VARILLAS NO DEBERA SER MENOR DE 1.5 VECES EL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO, DEBIENDOSE DEJAR UN ESPACIO APROPIADO CON EL OBJETO DE QUE PUEDA PASAR EL VIBRADOR A TRAVES DE ELLAS. LAS VARILLAS PARALELAS A LA SUPERFICIE EXTERIOR DE UN MIEMBRO QUEDARAN PROTEGIDAS POR RECUBRIMIENTO DE CONCRETO, DE ESPESOR NO MENOR A SU DIAMETRO O A SU MAGNITUD DIAGONAL SI SE TRATA DE VARILLAS CUADRADAS, PERO EN NINGUN CASO SERA MENOR DE 2.5 CM. AL COLOCARSE DEBERAN HALLARSE LIBRES DE OXIDACION, TIERRA, ACEITE O CUALQUIER OTRA SUSTANCIA EXTRAÑA, PARA LO CUAL DEBERAN LIMPIARSE SIGUIENDO EL PROCEDIMIENTO QUE INDIQUE EL INSTITUTO.
- C) UNA VEZ QUE ESTE TERMINADO EL ARMADO, EL INSTITUTO PROCEDERA A EFECTUAR LA REVISION CORRESPONDIENTE, SIENDO RESPONSABLE DE SU ~~APROBACION PARA PROCEDER AL COLADO.~~

TOLERANCIA:

- A) LA SUMA DE LAS DISCREPANCIAS MEDIDAS EN LA DIRECCION DEL REFUERZO CON RELACION AL PROYECTO, EN LAS LOSAS, ZAPATAS, MUROS, CASCARONES, TRABES Y VIGAS, NO SERA MAYOR DE DOS (2) VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA, NI MAS DEL CINCO POR CIENTO (5%) DEL PERALTE EFECTIVO. EN COLUMNAS RIGE LA MISMA TOLERANCIA PERO REFERIDA A LA MISMA DIMENSION DE SU SECCION TRANSVERSAL.
- B) EN LOS EXTREMOS DE LAS TRABES Y VIGAS, LA TOLERANCIA ANTERIOR SE REDUCE A UNA (1) VEZ EL DIAMETRO DE LA VARILLA.

- C) LA POSICION DE REFUERZOS DE ZAPATAS, MUROS, CASCARONES, TRABES Y VIGAS, SERA TAL QUE NO REDUZCA EL PERALTE EFECTIVO "D" EN MAS DE TRES (3) MILIMETROS MAS TRES (3) CENTESIMAS DE "D", NI REDUZCA EL RECUBRIMIENTO EN MAS DE CERO PUNTO CINCO (0.5) CENTIMETROS. EN LAS COLUMNAS RIGE LA MISMA TOLERANCIA PERO REFERIDA A LA MINIMA DIMENSION DE SU SECCION TRANSVERSAL.
- D) LAS DIMENSIONES DEL REFUERZO TRANSVERSAL EN TRABES, VIGAS Y COLUMNAS, MEDIDAS SEGUN EL EJE DE DICHO REFUERZO, NO EXCEDERAN LAS DEL PROYECTO EN MAS DE UN (1) CENTIMETRO MAS CINCO (5) CENTESIMAS DE "T", SIENDO "T" LA DIMENSION EN LA DIRECCION EN QUE SE CONSIDERA LA TOLERANCIA; NI SERAN MENORES DE LAS DE PROYECTO EN MAS DE TRES (3) MILIMETROS MAS TRES (3) CENTESIMOS DE "T".
- E) EL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO EN CUALQUIER MIEMBRO ESTRUCTURAL, NO DIFERIRA DEL PROYECTO EN MAS DE CINCO (5) CENTIMETROS.
- F) LA SEPARACION DEL ACERO DE REFUERZO EN LOSAS, ZAPATAS, MUROS Y CASCARONES, RESPETANDO EL NUMERO DE VARILLAS EN UNA FAJA DE UN (1) METRO DE ANCHO, NO DIFERIRA DE LA DEL PROYECTO EN MAS DE UN (1) CENTIMETRO MAS UN (1) DECIMO DE "S" SIENDO "S" LA SEPARACION FIJADA.
- G) LA SEPARACION DEL ACERO DE REFUERZO EN TRABES Y VIGAS, CONSIDERANDO LOS TRASLAPES, NO DIFERIRA DE LA DEL PROYECTO EN MAS DE UN (1) CENTIMETRO MAS DIEZ POR CIENTO (10%) DE DICHA SEPARACION, PERO SIEMPRE RESPETANDO EL NUMERO DE VARILLAS Y SU DIAMETRO, Y DE TAL MANERA QUE PERMITA PASAR EL AGREGADO GRUESO.
- H) LA SEPARACION DEL REFUERZO TRANSVERSAL EN CUALQUIER MIEMBRO ESTRUCTURAL, NO DIFERIRA DE LA DEL PROYECTO EN MAS DE UN (1) CENTIMETRO MAS DIEZ POR CIENTO (10%) DE DICHA SEPARACION.

MEDICION PARA FINES DE PAGO.

- A) SE HARA TOMANDO COMO UNIDAD EL KILOGRAMO. SE CALCULARA CON LOS PESOS DEL REFUERZO POR UNIDAD DE LONGITUD QUE ESPECIFIQUE EL FABRICANTE, Y LAS DIMENSIONES DEL PROYECTO.
- B) NO SE MEDIRAN LOS DESPERDICIOS, TRASLAPES, GANCHOS, ALAMBRE, SOLDADURA, SILLETAS NI SEPARADORES, YA QUE QUEDAN INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO.
- C) SI EL CONTRATISTA, CON AUTORIZACION DEL INSTITUTO SUSTITUYE ACERO DE LA SECCION INDICADA EN EL PROYECTO POR OTRO DE DIFERENTE SECCION Y AREA EQUIVALENTE O MAYOR, SE MEDIRA SOLAMENTE EL PESO DEL ACERO DE REFUERZO INDICADO EN EL PROYECTO.

CONTROL DE CALIDAD DE ACERO

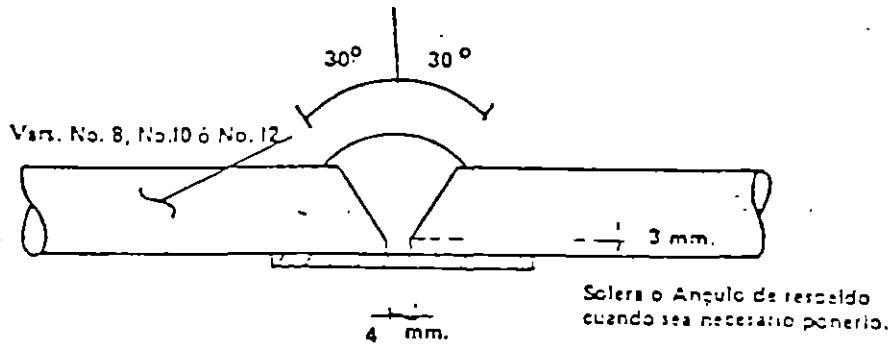
Tabla de Areas, Perímetros y Pesos de Varillas Corrugadas

No.	Diámetro nominal		Área en cm ²	Perímetro en cm	Peso por metro en kg	Peso por varilla en kg	No. de varillas por atado	Peso por atado en kg	No. de varillas por tonelada
	m.m.	pulg.							
2.5	7.9	5/16	0.49	2.48	0.384	4.60	15	69.00	217
3	9.5	3/8	0.71	2.99	0.557	6.68	10	66.80	150
4	12.7	1/2	1.27	3.99	0.936	11.95	5	59.75	84
5	15.9	5/8	1.99	5.00	1.550	18.72	4	74.88	53
6	19.1	3/4	2.87	6.00	2.250	27.00	3	81.00	37
7	22.2	7/8	3.87	6.87	3.034	36.40	2	72.80	27
8	25.4	1	5.07	7.98	3.975	47.70	1	47.70	21
10	31.8	1-1/4	7.94	9.99	6.225	74.70	1	74.70	13
12	35.1	1-1/2	11.40	11.97	8.936	107.25	1	107.25	10

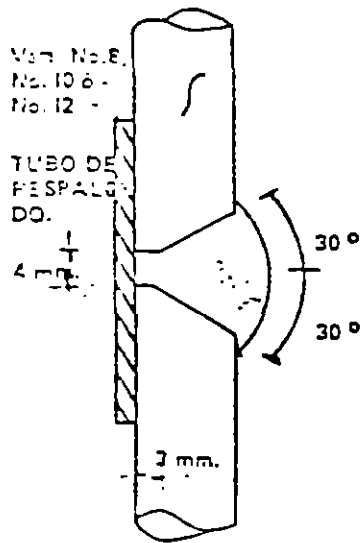
UNIONES A TOPE CON SOLDADURA DE PENETRACION

UNIONES A TOPE CON SOLDADURA DE PENETRACION

ACERO DE REFUERZO $F_y = 4000 \text{ Kicm}^2$
TIPO DE ELECTRODO E 60 XX



JUNTA O TOPE ENTRE VARS' No. 8 No. 10 ó No. 12
EN POSICION HORIZONTAL O INCLINADA.



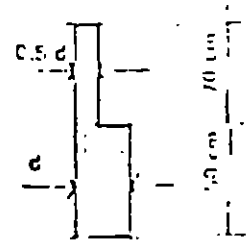
JUNTA A TOPE ENTRE VARS'
No. 8, No. 10 ó No. 12 EN POSICION
VERTICAL

Dimensión de solera de respaldo
placa de 2" x 2" y 1/4" de material
A-7 ó A-36

Dimensión de Angulo de Respaldo
L^o 1 1/4" x 1 1/4" x 3/16" x 5" Vars. No. 8
L^o 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4" x 5" para Vars. No. 10 y No. 12
Todos en material A-7 ó A-36

Dimensión de tubo de respaldo
 $d = 1 1/4"$ para Vars. No. 8
 $d = 1 1/2"$ para Vars. No. 10
 $d = 1 3/4"$ para Vars. No. 12

$d =$ Diámetro del Tubo



TUBO DE RESPALDO



LABORATORIO NACIONAL DE LA CONSTRUCCION, S.A.

CALLE No. 22 SAN PEDRO DE LOS PINOS MEXICO J. D.F.
TEL 516-25-65

PRUEBAS EN VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO HOJA 2 DE 2

271/73.

MUESTREADAS EN: PATRIOTISMO Y SAN ANTONIO	INTERESADO O CONSTRUCTOR: COSTO RACIONAL ASESORES, S.A.	FECHA DE MUESTREO: 31-OCT-1965
MUESTREADAS POR: L.A.N.C.O.	FABRICANTE: NYLISA - 42	FECHA DE PRUEBA: 3-NOVIEMBRE-65

IDENTIFICACION				PESO POR ML. Kg/m	AREA cm ²	PRUEBA DE TENSION					PRUEBA DE DOBLADO IGRADOS MANDRIL	PRUEBA DE CORRUGACION			
NO. DE SAYO MUESTRA No	DIAMETRO NOMINAL	MARCA	GRADO			LIMITE ELASTICO Kg	CARGA MAXIMA Kg	ESFUERZO EN EL LIMITE ELASTICO Kg/cm ²	ESFUERZO MAXIMO Kg/cm ²	POR CIENTO DE ALARGAMIENTO (L-20 cm)		SEPARACION DE CORRUGACIONES	ALARGAMIENTO CORRUGACIONES	ANCHO DE CORRUGACIONES	ALARGAMIENTO CORRUGACIONES
1E0-15	9.5 mm 3/8"	NYLISA 42 ESPECIFICACION		.550	0.70	3,750	5,400	5,201	7,076	12.0	180° 4D	5.5	0.3	1.4	
-16	9.5 mm 3/8"	NYLISA 42 ESPECIFICACION		.525	0.69	3,700	5,500	5,211	7,246	10.0	180° 4D	5.9	1.0	1.4	
-17	9.5 mm 3/8"	NYLISA 42 ESPECIFICACION		.542	0.69	4,000	6,125	5,653	8,026	11.5	180° 4D	5.6	1.0	1.5	
-18	9.5 mm 3/8"	NYLISA 42 ESPECIFICACION		.531	0.67	3,775	5,575	5,316	7,852	12.0	180° 4D	5.9	0.9	1.3	
-19	9.5 mm 3/8"	NYLISA 42 ESPECIFICACION		.515	0.69	3,975	6,100	5,593	8,501	10.0	180° 4D	5.5	0.8	1.3	
-20	9.5 mm 3/8"	NYLISA 42 ESPECIFICACION		.570	0.72	3,900	5,800	5,402	8,169	10.5	180° 4D	5.5	0.9	1.3	
		ESPECIFICACION		.540				4,200	6,360	9.0	180° 4D	6.7	0.4	3.7	
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													
		ESPECIFICACION													

Observaciones:

MEXICO
ASOCIACION NACIONAL DE
LABORATORIOS INDEPENDIENTES AL
SERVICIO DE LA CONSTRUCCION AC

LABORATORIO NACIONAL DE LA CONSTRUCCION, S.A.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

TEMA : DISEÑO DE MEZCLAS

1996

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

METODOS DE DISEÑO.

Existen numerosos métodos desarrollados con la finalidad de establecer las proporciones en que deben mezclarse los diferentes ingredientes el concreto, de manera de lograr un producto con determinadas características o propiedades.

Muchos de estos métodos suelen presentarse en forma demasiado mecanizada, de manera que su aplicación tiende a convertirse en simples ejercicios numéricos que pueden dejar poca huella en el usuario si éste no dispone de medios para reproducir y juzgar las proporciones resultantes y ~~para valorar sus consecuencias en el concreto endurecido.~~ De aquí la necesidad de enfatizar que el diseño de mezclas de concreto es una actividad de carácter eminentemente experimental.

Como referencias útiles en esta actividad, cabe mencionar los distintos métodos desarrollados por el Instituto Americano del Concreto (ACI), que abarcan las condiciones y requerimientos más frecuentes en el uso del concreto:

- Práctica Recomendada para la Selección de Proporciones para Concreto Normal y Pesado Comité ACI 211.1

- Práctica Recomendada para la Selección de Proporciones para Concreto con Revenimiento Nulo.- Comité ACI211
- Práctica Recomendada para la Selección de Proporciones para Concreto Ligero
Comité ACI 211.2

Así mismo, cuando se requiere diseñar mezclas de concreto con aditivos la siguiente referencia también proporciona información útil.

- Guía para el uso de Aditivos en el Concreto
Comité ACI 212.

Los dos primeros métodos se apoyan básicamente en el uso del concepto agua/cemento como principio generador y moderador de las futuras propiedades del concreto. El tercer método sin abandonar este concepto se apoya más bien en el contenido unitario de cemento, ante la dificultad de establecer con certeza el agua neta de mezclado por el uso de agregados ligeros con elevada capacidad de absorción.

PROPIEDADES REQUERIDAS.

Si se considera que diseñar una mezcla de concreto consiste en establecer las proporciones en que deben combinarse sus ingredientes para que el producto final reuna ciertas características, es necesario distinguir las cualidades que son deseables en el concreto recién mezclado y las que demanda el concreto ya endurecido al ser puesto en servicio.

Aunque el concreto es el resultado de la combinación de varios componentes. (cemento, agua, arena, grava y, eventualmente, algún aditivo), el estudio de su comportamiento y propiedades tanto en estado fresco como ya endurecido, se facilita al considerarlo integrado por dos componentes básicos:

PASTA DE CEMENTO-AGREGADOS MINERALES.

La pasta se compone de cemento, agua y aire. Este último puede ser el que se atrapa normalmente durante el mezclado, o bien el que se promueve en forma intencional mediante el uso de un aditivo inclusor de aire. El comportamiento reológico de una pasta de cemento con aire incluido puede diferir radicalmente del de otra igual que no lo contenga.

Los agregados minerales consisten casi siempre de partículas de rocas, fragmentadas por la naturaleza o por el hombre, con dimensiones que abarcan desde algunas micras hasta varios centímetros. Se acostumbra distinguir como agregado fino, o arena, a las partículas menores de 5 mm y como agregado grueso, o grava, a las partículas mayores. Ocasionalmente se incorporan polvos minerales al concreto los cuales, por sus reducidas dimensiones, pasan a formar parte de la pasta y pueden modificar su comportamiento.

Aunque la pasta suele ser considerada como el componente "activo" del concreto, frecuentemente es deseable limitar su participación al mínimo compatible con la obtención de las propiedades requeridas, por consideraciones económicas y de otra índole.

En la Tabla 1 se indican algunas influencias, favorables unas y desfavorables otras, que la pasta y los agregados pueden ejercer sobre diferentes características y propiedades del concreto, cuya optimización deben buscarse en cada paso particular mediante el diseño adecuado de la mezcla.

REQUISITOS DEL CONCRETO FRESCO.

Al salir de la mezcladora, el concreto es una masa fácilmente deformable, integrada por cuerpos en estado sólido y líquido y gaseoso

TABLA 1.- INFLUENCIA DE DIVERSOS ASPECTOS EN LAS CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL CONCRETO.

ASPECTOS INFLUIBLES MEDIANTE SELECCION ADECUADA							
INGREDIENTES DEL CONCRETO					PROPORCIONES		
CEMENTO Características varias	AGREGADOS			ADITIVOS Características varias	AGUA/CEMENTO Calidad de la pasta	GRAVA/ARENA Proporción de mortero	CONSISTENCIA Proporción de pasta
	Granulometría	Tamaño máximo	Forma y textura				
1	2	3	4	5	6	7	8

ASPECTO INFLUIDO	CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DESEABLES						
	CONCRETO FRESCO			CONCRETO ENDURECIDO			
	ECONOMIA	COHESION	MOLEABILIDAD	RESISTENCIA	DURABILIDAD	ESTABILIDAD	IMPERMEABILIDAD
1	X			Y	X	X	
2	X	X	Y	X			
3	X	X	X	X		X	X
4	X	X	Y	X			
5	X	Y	X	X	X	Y	X
6	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X			X	
8	X	X	X	X	X	X	X

Si se admite que en ese momento el concreto es una mezcla homogénea de ingredientes bien proporcionados y dosificados, el primer objetivo es hacerlo llegar a los moldes en esas mismas condiciones de homogeneidad. Una vez colocado en los moldes, el segundo objetivo es moldear el concreto hasta convertirlo en un cuerpo compacto, ya que muchas propiedades deseables del concreto endurecido se relacionan con su compacidad.

Para facilitar el logro de estos objetivos, la mezcla de concreto debe aportar dos condiciones necesarias:

- 1.- Debe ser lo suficientemente cohesiva para conservar su homogeneidad en el curso de su traslado de la mezcladora a los moldes con el empleo de los medios aprobados.
- 2.- Debe poseer deformabilidad adecuada a la energía con que se compacte, conforme a las características de los equipos de uso especificados.

En consecuencia, los requisitos fundamentales en el concreto fresco, los cuales deben tenerse presentes al diseñar las mezclas, consisten en que posean una cohesión satisfactoria y una consistencia adecuada a las condiciones de aplicación del concreto. Para unos materiales determinados, la satisfacción de estos requisitos dependen en buena medida de las características que se obtengan en la pasta de cemento y de su participación proporcional en el concreto. El comportamiento de la pasta como cuerpo cohesivo y deformable suele depender de aspectos tales como la finura del cemento, la proporción en que se combine éste con el agua y el uso de aire intencionalmente incluido. El requerimiento de pasta en el concreto es influido principalmente por la consistencia de ésta y por el tamaño máximo, composición granulométrica, forma y textura de los agregados.

COMPORTAMIENTO DE LA PASTA.

La pasta de cemento es una suspensión de partículas en un medio que puede visualizarse como una red de fuerzas de atracción, conocidas como de Van der Waal, son intermoleculares y no obedecen a la ley de atracción universal. Las de repulsión son electrostáticas y se deben a las cargas superficiales de las partículas. La cohesión de la pasta es el resultado del balance entre estas fuerzas. Así una pasta con

poca agua es muy cohesiva porque las partículas se encuentran en contacto una con otras y predominan las fuerzas intermoleculares de atracción sobre las de rechazo. A medida que se incrementa el contenido de agua tienden a separarse las partículas, con lo cual las fuerzas de atracción se reducen drásticamente y adquieren predominio las de repulsión, disminuyendo la cohesión. Si el contenido de agua se continúa incrementando, la pasta pierde mas cohesividad teniendo a comportarse como el agua, que es un fluido de tipo Newtoniano, esto es, sin ninguna cohesión.

Consecuentemente, las pastas de consistencia seca que tienen poca agua (muy cohesivas) requieren la aplicación de fuerzas externas, tanto o mayores que las de atracción, para separarse por la simple acción de la gravedad, dado que - prácticamente no poseen cohesión. Las primeras podrían ser representativas de los concretos masivos con revenimiento nulo, que suelen requerir la aplicación de intensa energía vibratoria para ser compactados, y las segundas corresponderían a los concretos con muy alto revenimiento, que a veces se utilizan para colados por gravedad.

El comportamiento reológico de la pasta de cemento, se pone de manifiesto al ensayarla en un viscosímetro, mediante la aplicación de distintos niveles de esfuerzo cortante relacionados con sus respectivas deformaciones, con lo cual se obtiene una gráfica como en la Fig. 1. Se observa que en un cierto intervalo inicial del esfuerzo aplicado la gráfica es curva, lo cual denota una etapa de transición de la pasta entre el estado plástico y el fluido. A partir de un determinado nivel de esfuerzo, llamado de cedencia, la gráfica se vuelve una línea recta y la pasta se comporta prácticamente como un fluido sin cohesión, tipo Newtoniano. Si el esfuerzo se anula, la pasta recobra su estado plástico inicial, como ocurre en el caso del fenómeno de tixotropia, el cual es un comportamiento característico de los fluidos tipo Bingham, como la pasta de cemento.

Por otra parte, la pasta de cemento es la principal responsable de los cambios de volumen que ocurren en el concreto, tanto en su estado, fresco como endurecido. De estos cambios, el más importante es la contracción por secado, que se denomina así por su aparente coincidencia con la pérdida de agua en el concreto. Cuando se manifiesta en el concreto aún fresco, se llama contracción plástica y, salvo en caso extremos, el concreto es capaz de absorberla sin fisurarse. No ocurre así en el concreto endurecido que, si no dispone de facilidad para contraerse sin restricciones, se agrieta irremediablemente.

La sola pasta de cemento puede contraerse entre 5 y 15 veces más que el concreto, cuya contracción reducida se debe a las restricciones que en él ejercen los agregados. De tal manera, bajo este aspecto, es deseable que la pasta de cemento, como componente del concreto, intervenga en la menor proporción que sea posible.

Aun cuando existen opiniones contravertidas respecto a las causas de la contracción por secado en la pasta, se coincide en que determinados factores la incrementan, entre los cuales se mencionan el contenido de agua y la finura, composición y consumo unitario de cemento en el concreto.

La contracción de una pasta con relación agua/cemento = 0.56 puede ser 50% mayor que la de otra con agua/cemento = 0.40. Los cementos con mayor finura y más aluminato tricálcico parecen conducir a una contracción fuerte en la pasta. En cuanto al consumo unitario de cemento en el concreto, si éste aumenta también aumentada la proporción unitaria de pasta en el mismo concreto y, no obstante que la relación agua/cemento disminuya y la resistencia se incremente, la contracción del concreto también aumenta. Como consecuencia, para reducir la probabilidad de contracción, es conveniente especificar mezclas de concreto cuyo contenido de cemento sea tan bajo como resulte compatible con el cumplimiento de las especificaciones de resistencia de la obra.

Para ilustrar lo anterior, en la fig. 2 se muestra la comparación de las contracción por secado de la pasta de cemento, el mortero y el concreto, para unas condiciones determinadas. La fig. 3 pone de manifiesto la influencia de la relación agua/cemento y del consumo unitario de cemento sobre la contracción por secado del concreto.

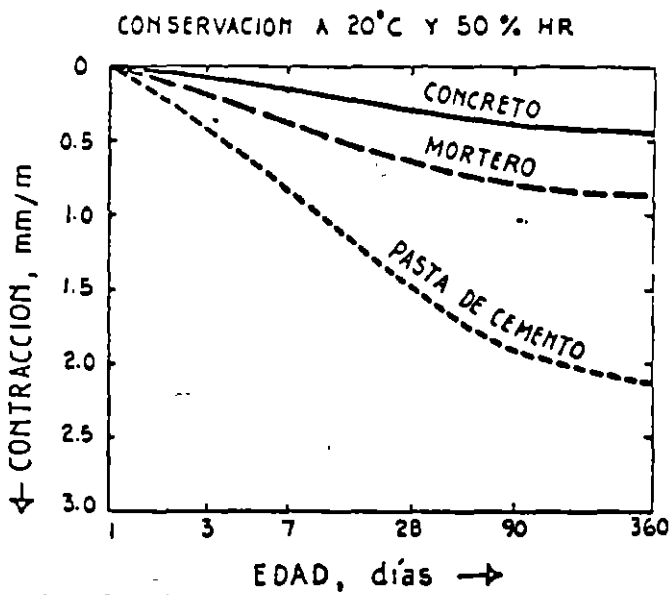


Fig. 2.- Contracción por secado comparada de concreto, mortero y pasta de cemento

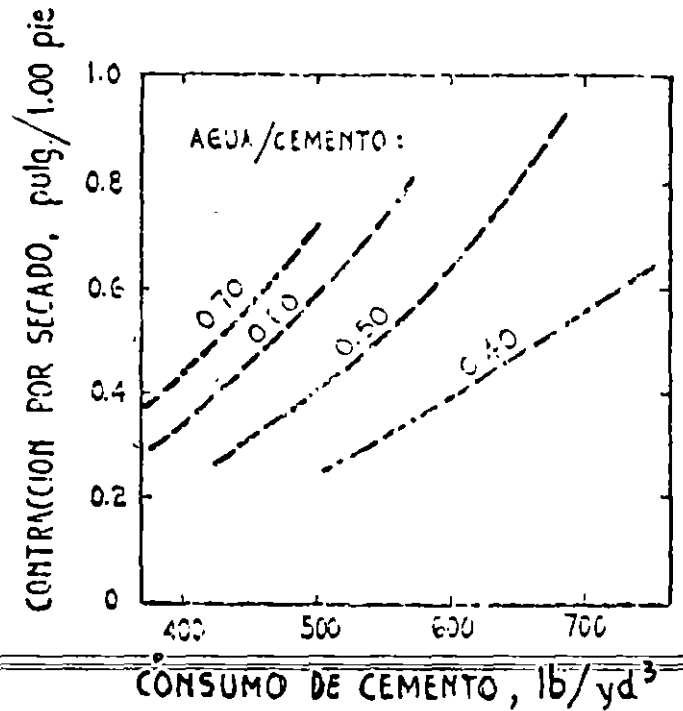


Fig. 3.- Influencia del consumo de cemento y de la relación agua/cemento en la contracción

COMPORTAMIENTO DE LOS AGREGADOS

El concreto endurecido puede ser considerado como un material de dos fases, compuesto por partículas de grava embebidas en una matriz de mortero, si se acepta que ambas fases son homogéneas e isotropas. Del mismo modo, el mortero y la pasta de cemento parcialmente hidratada pueden ser considerados como materiales de dos fases.

De esta manera, el comportamiento reológico del material, sea éste pasta, mortero o concreto endurecido, depende no solamente del comportamiento propio de cada fase sino también de su interacción. En el caso del concreto, el modelo más aplicado para su análisis lo identifica como un material con un alto porcentaje de partículas gruesas, las cuales tienden a ser esféricas, distribuidas con uniformidad en una matriz de mortero razonablemente homogénea, compuesta de partículas menores embebidas en pasta de cemento.

Sin embargo, existen numerosas situaciones que invalidan esta concepción teórica del concreto. Las gravas no siempre se encuentran uniformemente rodeadas de mortero, sobre todo cuando se emplea granulometría discontinua, ni su forma tiende a ser esférica cuando se produce por trituración. Asimismo - una compactación deficiente o la presencia de sangrado pueden originar la formación de macrovacíos, creándose diferentes condiciones de frontera entre el agregado grueso y la matriz de mortero.

Resulta entonces evidente la repercusión que tienen las características de los agregados en el comportamiento del concreto, lo cual se reconoce al aceptar que una misma pasta de cemento puede dar origen a concretos con muy diferentes características y propiedades, conforme se combinen los agregados.

Entre las características de los agregados que suelen repercutir de manera más significativa en las proporciones de la mezcla cuando ésta se diseña, pueden citarse el tamaño máximo, la composición granulométrica la forma de las partículas y su textura superficial.

En la práctica, es dable influir en la selección del tamaño máximo y en la composición granulométrica de la grava, si ésta se divide en dos o mas fracciones. También existe alguna probabilidad de influir en la granulometría de la arena combinándola con otra y, en cuanto a la forma de las partículas, si éstas son trituradas mediante una acertada selección del equipo de trituración. No suele existir posibilidad de ejercer influencia en la textura superficial de las partículas, por ser ésta una característica propia de las diferentes rocas, del modo como se fragmentaron y del acarreo sufrido antes de depositarse, en el caso de agregados naturales.

De manera general, cuando se diseñan mezclas de concreto, es conveniente manejar estos aspectos con los siguientes criterios operativos:

1.- Tamaño máximo y la composición granulométrica de la grava deben seleccionarse con base a resultados comparativos obtenidos sobre algunas mezclas de prueba, tomando en cuenta la granulometría de los agregados disponibles, las características geométricas y de refuerzo de las estructuras las aptitudes y capacidades de los equipos accesibles para el mezclado, transporte y colocación del concreto y, finalmente, el nivel de la resistencia requerida.

2.- Los efectos adversos producidos por una granulometría inadecuada en la arena o por una forma deficiente de las partículas de grava pueden llegar a minimizarse incrementando el contenido unitario de mortero y/o de pasta de cemento en el concreto. También puede intentarse el uso de un aditivo plastificante que incluya aire.

3.- La falta de manejabilidad y tendencia al sangrado, que suelen presentarse con agregados de textura superficial áspera, también pueden reducirse a límites tolerables - aumentando el contenido unitario de pasta de cemento y/o con el uso de un agente inclusor de aire.

A continuación se describen algunas tendencias normales en cuanto a los efectos que pueden esperarse en el concreto como resultado de variaciones en las mencionadas características de los agregados.

TAMAÑO MAXIMO DE LA GRAVA.

Conforme aumenta el tamaño máximo de la grava disminuye la superficie específica y el contenido de vacíos de los agregados. Consecuentemente, también disminuye la proporción de pasta que se requiere en el concreto, según se observa en la Fig. 4. De acuerdo con esta tendencia, si la calidad de la pasta gobierna la del concreto, debe ser conveniente, por economía y por baja contracción emplear el tamaño - más grande de grava que resulte compatible con las características de la estructura y de los equipos.

El concepto anterior tiene validez limitada, debido al papel que juega la adherencia entre la pasta y el agregado en el comportamiento del concreto bajo carga. Si se define como tamaño máximo óptimo aquél con el cual se logra la mayor eficiencia del cemento, existe evidencia de que, conforme aumenta la resistencia requerida en el concreto, tiende a disminuir el tamaño óptimo, según se pone de manifiesto en la Fig. 5.

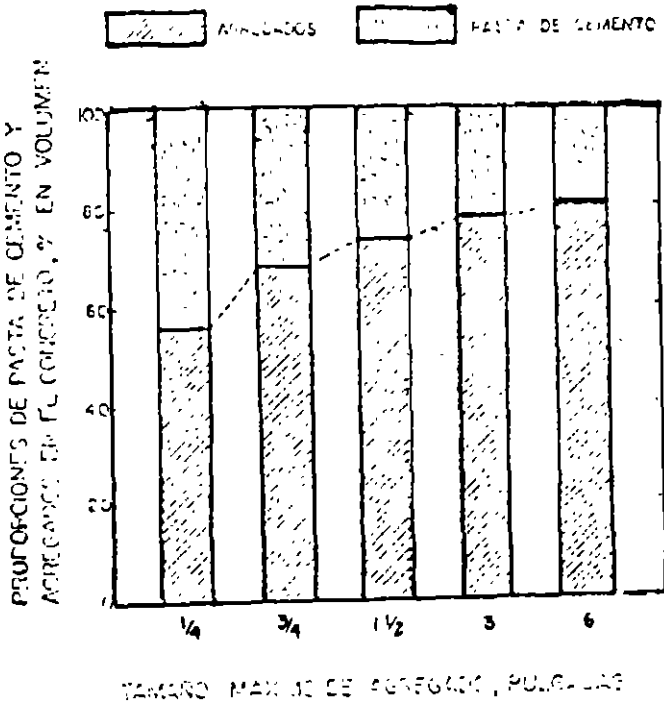


Fig. 4.- Influencia del tamaño máximo del agregado sobre el requerimiento de pasta en el concreto.

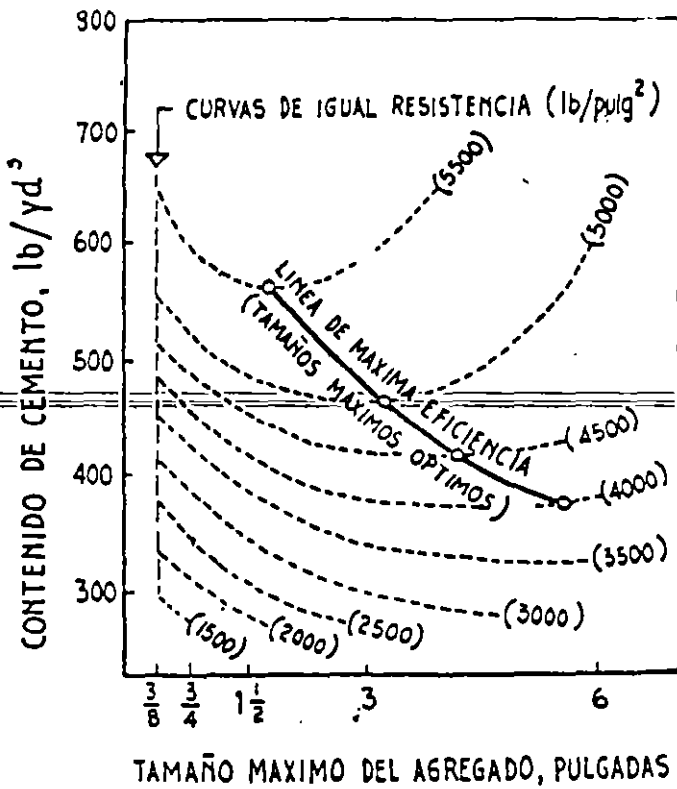


Fig. 5.- Influencia del nivel de la resistencia en el tamaño máximo óptimo del agregado

Como consecuencia de esta limitación, puede decirse en términos generales que, para concretos con resistencias requeridas de hasta 300 kg/cm² aproximadamente, es válido el criterio de emplear el tamaño más grande de grava que sea compatible con las condiciones de aplicación del concreto. Para resistencias más altas es recomendable efectuar algunas pruebas con los agregados disponibles, con objeto de definir el tamaño máximo más conveniente para las condiciones dadas.

Otra limitación como la precedente se refiere a los concretos que se diseñan por flexión, como en el caso de los pavimentos rígidos. En este caso también existe evidencia en el sentido de que, para una determinada relación agua/cemento, la resistencia a flexión disminuye al aumentar el tamaño máximo del agregado.

GRANULOMETRIA DE LA GRAVA.

Con frecuencia se considera que si se asegura la participación del agregado grueso en una proporción adecuada dentro del concreto, su distribución intrínseca de tamaños no ejerce influencia significativa en los resultados. Esta consideración es suficientemente aceptable mientras sólo se requiera en el concreto una determinada resistencia a la compresión, principalmente si ésta no es demasiado alta.

Aunque no existe un procedimiento generalmente aceptado para establecer la "granulometría ideal", del agregado grueso, suelen prevalecer dos tendencias, según se pretenda una granulometría continua o discontinua, como se comparan esquemáticamente en la Fig. 6.

En las curvas de granulometría continua, por lo general con tendencia parabólica, se fomenta el incremento proporcional de partículas a medida que aumenta su tamaño, tratando de buscar un efecto de "rendimiento", que reduce en beneficio de la manejabilidad del concreto. Esta tendencia suele encontrarse en los "usos granulométricos" contenidos en algunas especificaciones como la ASTM C 33.

La granulometría discontinua consiste en suprimir partículas en un determinado intervalo dimensional, haciendo una selección adecuada para que las partículas menores puedan ser "empacadas" durante la compactación del concreto en los intersticios de las partículas mayores con lo cual puede lograrse una masa más compacta y más resistente a esfuerzos de compresión. En este caso, al contrario que con la granulometría continua, las mezclas resultan poco trabajables por la interferencia de partículas y se requiere más energía para su compactación.

Sin pretender generalizar, puede considerarse razonablemente adecuado al criterio de tender a utilizar un agregado grueso continuamente graduado para los usos normales del concreto en obra y estimar la posibilidad del empleo de granulometría discontinua para elementos de concreto de muy alta resistencia, colados en condiciones que permitan garantizar su completa y eficiente compactación.

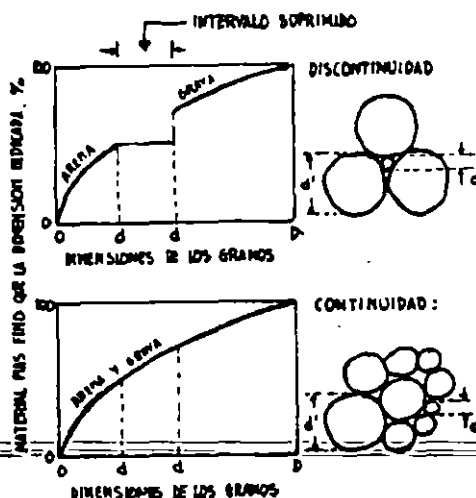


Fig. 6.- Comparación gráfica de la granulometría continua y discontinua en los agregados

GRANULOMETRIA DE LA ARENA.

La composición granulométrica de la arena suele identificarse por su módulo de finura, como se define en la especificación ASTM C 33, considerándose que un módulo de finura menor de 2.30 es representativo de una arena demasiado fina y mayor de 3.20 como correspondiente a una demasiado gruesa.

Aun cuando el módulo de finura no da una medida precisa de la verdadera distribución de tamaños en la arena, en la práctica resulta útil y algunos métodos de diseño de mezclas, como los del ACI mencionados al principio, lo utilizan como dato importante.

El requerimiento de pasta en el concreto puede estar relacionado con la granulometría de la arena pero, tal como se observa en la Fig. 7, el efecto en ese sentido puede minimizarse si se determina experimentalmente el contenido óptimo de la arena disponible, ya sea que ésta sea fina o gruesa, pero dentro del intervalo granulométrico aceptable.

En los casos en que se requiere trabajar con arenas demasiado gruesas, puede resultar de utilidad el empleo de un agente inclusor de aire, por que las "partículas neumáticas" incluidas pueden actuar como compensatorias de las finas que faltan en la arena. En estas circunstancias resulta conveniente hacer el ajuste necesario en el contenido original de arena, considerando que aproximadamente, el 50% del aire incluído pasa a formar parte de ésta.

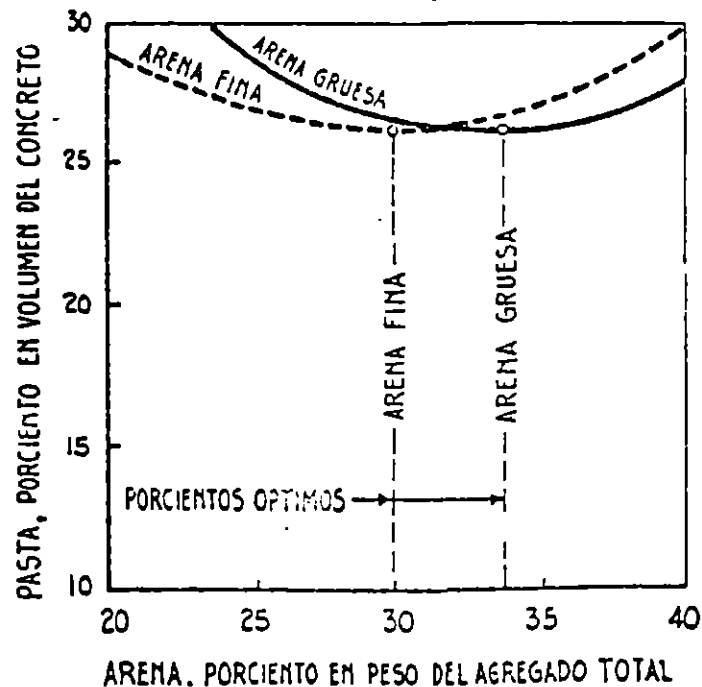


Fig. 7.- Influencia de la granulometría de la arena en su proporción óptima, que requiere menos pasta

Asimismo es necesario ajustar la relación agua/cemento, para tomar en cuenta la disminución de resistencia - que el aire incluido suele producir.

REQUISITOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.

La primera cualidad que se apreció en el concreto desde sus principios fue su aptitud para resistir esfuerzos de compresión, de lo cual derivó tal vez la costumbre de - comprobar únicamente esta propiedad como medida de su calidad. Al difundirse y diversificarse la aplicación del concreto se le reconocieron también limitaciones, tales como - su reducida capacidad para resistir esfuerzos de tensión y su tendencia a contraerse con el tiempo. La primera se pudo superar con el uso del acero de refuerzo y la segunda dió origen a los llamados cementos expansivos.

Posiblemente respaldada por relaciones de dependencia entre la resistencia a compresión y otras propiedades deseables, la costumbre de comprobar principalmente la calidad del concreto mediante pruebas a compresión prosperó y se extendió hasta el presente. No obstante, sin detrimento aparente de esta práctica, se desarrolló la necesidad de fomentar otras características convenientes, para cu ya satisfacción deberían adoptarse las precauciones necesarias durante el diseño de las mezclas de concreto.

RESISTENCIA A COMPRESION.

En 1882 Feret, en Francia, estableció la primera expresión empírica para relacionar la resistencia mecánica del mortero de cemento y su proporción de vacíos, siendo - estos los espacios ocupados por el agua y el aire. En 1918 Abrams, en los EEUU, introdujo el concepto agua/cemento me diante su conocida expresión de carácter empírico:

$$S = \frac{A}{B^x}$$

en donde S es la resistencia a compresión del concreto a una cierta edad, A y B son constantes que dependen de la edad, las condiciones de trabajo y la calidad del cemento y x es la relación agua/cemento en volumen. En 1923 Talbot y Richart, también en los EEUU se apoyaron en los conceptos desarrollados por Feret para proponer una expresión que determina la resistencia en términos de la relación cemento/espacio, que equivale al volumen sólido de cemento entre el volumen de los vacíos en la pasta.

En la actualidad se reconoce que la resistencia de la pasta (y del concreto) es un atributo del gel que resulta de la hidratación del cemento. La resistencia propia del gel es una característica intrínseca que varía poco por efecto de los cambios de composición en el cemento, de modo que la resistencia de la pasta en un momento dado más bien depende de la concentración del gel por unidad del volumen de pasta que exista en ese momento. Al considerar la resistencia en función de los productos de hidratación existentes en el volumen total de la pasta, se inhibe la influencia que ejercen los cambios de composición del cemento, de las condiciones de temperatura y humedad y de otros aspectos que suelen limitar la aplicación de la relación agua/cemento de manera general. En la Fig. 8 se muestra la forma como varía la resistencia del mortero a compresión en función de la llamada relación gel/espacio de la pasta.

Este comportamiento confirma que la resistencia de la pasta, el mortero y el concreto, como en el caso de otros materiales, está gobernada por el concepto de porosidad esto es, la proporción de volumen sólido presente en un cierto espacio total disponible. De acuerdo con ello, la resistencia tiende a incrementarse con el consumo unitario de cemento y a reducirse con el contenido de agua y aire.

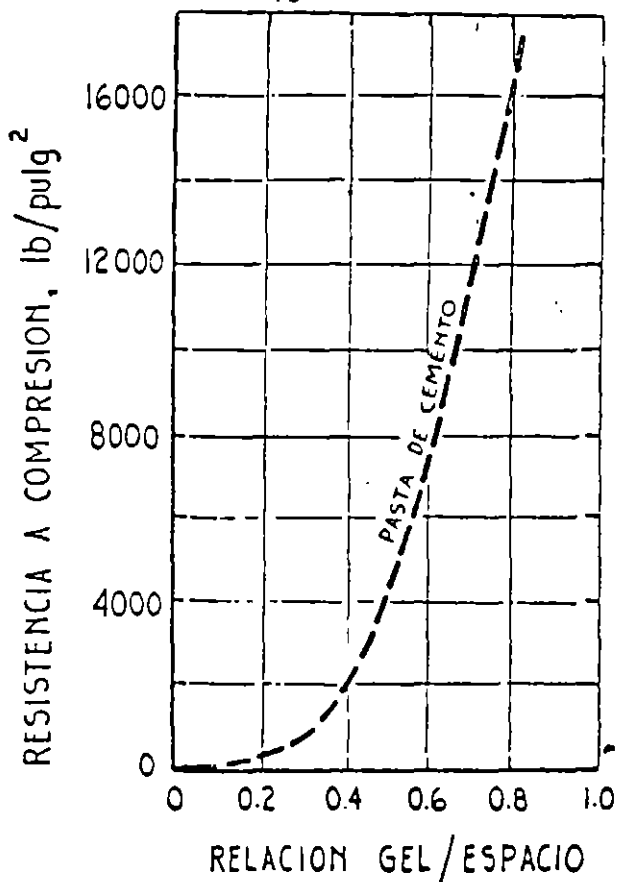


Fig. 8.- Influencia de la relación gel/espacio de la pasta de cemento en la resistencia del mortero

No obstante lo anterior, la estimación de la resistencia en función de la relación agua/cemento sigue siendo factible si no se producen cambios significativos en las características del cemento y se reglamentan las condiciones de curado y la edad de prueba. Para su aplicación en el diseño de mezclas de concreto, el concepto agua/cemento suele complementarse con la llamada regla de Lyse según la cual, para unos materiales determinados, el consumo de agua requerido para obtener una cierta consistencia permanece aproximadamente constante y es independiente de la relación agua/cemento que se utilice.

IMPERMEABILIDAD.

Con frecuencia se supone que teniendo el concreto en sí mismo un coeficiente de permeabilidad bastante bajo - (del orden de 10^{-8} cm/s), puede considerarse impermeable pa

ra fines prácticos. Sin embargo, la proporción de estructuras de concreto se requieren de la aplicación de recubrimientos superficiales para hacerlas verdaderamente impermeables es considerable.

Aunque la mayoría de la veces estas manifestaciones de permeabilidad son relacionables con fisuras o defectos de construcción es conveniente tener presente ciertas precauciones cuando se diseña una mezcla de concreto, si se pretende aplicarla en una estructura que vaya a estar en contacto con agua.

La impermeabilidad del concreto es importante no solamente para impedir el paso del agua sino también para proteger adecuadamente el acero de refuerzo contra la corrosión, principalmente cuando existe un medio ambiente o de contacto con carácter corrosivo, como ocurre en las estructuras para obras marítimas.

Tal como se indica en la Fig. 9, la permeabilidad de la pasta de cemento está relacionada con su porosidad y, como ésta depende de la relación agua/cemento, resulta entonces que ésta relación gobierna también la impermeabilidad del concreto. En la Fig. 10 se indica el tipo de dependencia que suelen presentar la resistencia y la permeabilidad del concreto con respecto a su relación agua/cemento.

Conforme a lo anterior, para lograr un concreto que sea prácticamente impermeable, debe usarse una relación agua/cemento suficientemente baja (menor de 0.5), debe procurarse la máxima compactación de la mezcla y debe mantenerse el concreto húmedo durante un periodo inicial adecuado (no menor de 14 días), para que el cemento se hidrate normalmente.

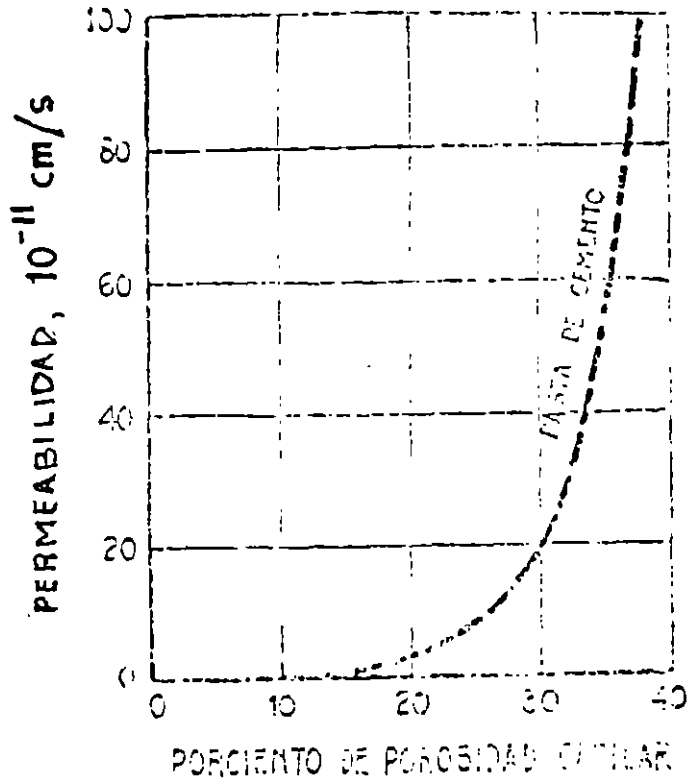


Fig. 9.- Influencia de la porosidad capilar en la permeabilidad de la pasta de cemento

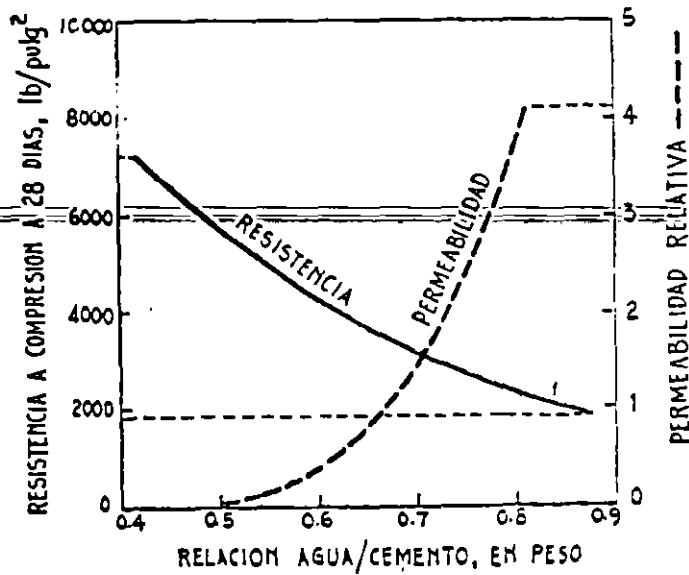


Fig. 10.- Influencia de la relación agua/cemento sobre la resistencia y permeabilidad del concreto

DURABILIDAD.

La durabilidad del concreto es una propiedad bastante ligada a su impermeabilidad. Por ello, suele recomendarse el empleo de una relación agua/cemento no mayor de 0.45 cuando las condiciones de exposición y servicio de la estructura hacen temer su durabilidad.

En países de climas muy fríos, la durabilidad del concreto expuesto a la intemperie se relaciona más bien con su aptitud para resistir los efectos de la congelación y el deshielo. En estos casos, es requisito normal especificar el uso de un agente inclusor de aire para el diseño y aplicación de las mezclas de concreto, ya que las pequeñas burbujas de aire incluido proporcionan una adecuada defensa contra los efectos de la congelación del agua en el interior del concreto endurecido. Para que el contenido de aire sea eficaz en este sentido, pero que no ocasione excesiva pérdida de resistencia, el aditivo debe dosificarse de manera de lograr entre 7 y 9% de aire en la fracción mortero del concreto.

La durabilidad del concreto también puede ser afectada por reacciones químicas indeseables en las que interviene el cemento. Por ejemplo, en presencia de una alta concentración de sulfatos, éstos pueden reaccionar con el aluminato tricálcico del cemento para formar sulfoaluminato, cuya formación se acompaña de expansiones que pueden reventar al concreto. La medida de protección adecuada contra este riesgo, en la etapa del diseño de las mezclas, consiste en seleccionar un cemento que, como el tipo V, posea bajo contenido de aluminato tricálcico.

Otra reacción indeseable es la que a veces se produce entre cierto tipo de sílice contenida en algunos agregados y los alcalis del cemento. En este caso, el medio -- más efectivo de prevención consiste en seleccionar un cemento cuyo contenido de alcalis totales sea inferior a 0.60%. También suele ser útil el empleo de un material puzolánico que sea realmente eficaz para inhibir dicha reacción, cuyos efectos también se manifiestan en el concreto como reventones causados por expansión interna.

ESTABILIDAD VOLUMETRICA.

Según se mencionó al tratar el comportamiento de la pasta de cemento, ésta es responsable de los cambios volumétricos del concreto conocidos como contracción por secado. En consecuencia, una buena manera de limitarlos consiste en diseñar mezclas con el mínimo contenido de pasta que sea compatible con la obtención de los otros requisitos del concreto hidráulico, que son más susceptibles a los efectos de la contracción por secado, esa forma de limitar la pasta no siempre resulta suficiente para evitar el agrietamiento.

Estas circunstancias han dado cierto impulso al empleo de cementos expansivos en ese tipo de estructuras, con cuya utilización se logra compensar la contracción y evitar las fisuras correspondientes. En la fig. 11 se muestra la comparación de las contracciones y expansiones de un concreto normal y de otro con cemento expansivo, compensador de la contracción.

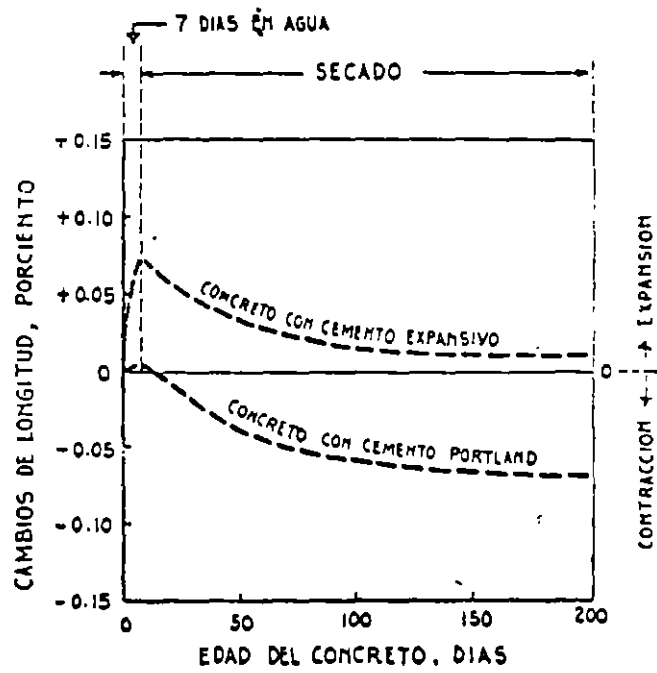


Fig. 11.- Cambios de longitud por secado en concretos con cementos Portland y expansivo

Otra circunstancia que fomenta cambios volumétricos en el concreto es la variación de temperatura. El concreto, como otros materiales, se dilata al calentarse y se contrae al enfriarse. Cuando las variaciones térmicas provienen del exterior, sus efectos en la estructura deben prevenirse mediante refuerzo de temperatura y juntas de contracción y/o dilatación localizadas en función de las características de la estructura, la magnitud previsible en los cambios de temperatura, la proporción de acero de refuerzo y el coeficiente de dilatación térmica del concreto.

Hay otra fuente probable de elevación de temperatura en el concreto, que es de carácter interno y que se debe al calor que genera el cemento al hidratarse. Este hecho suele tomarse en cuenta únicamente en el caso de estructuras voluminosas, en las que no existen facilidades para la rápida disipación de ese calor. En estos casos, las medidas más inmediatas de prevención consisten en reducir el mínimo posible el consumo unitario de cemento y en seleccionar uno que genere menos calor al hidratarse como el Portland tipo II, que es de moderado calor de hidratación. También puede resultar conveniente el empleo de un buen material puzolánico, ya que las reacciones químicas en que interviene generan menos calor que las relativas al cemento. En situaciones extremas, se acude al pre-enfriamiento del ~~concreto fresco y/o al post-enfriamiento del concreto endurecido.~~

RESISTENCIA A TENSION.

Debido a que el concreto tiene una capacidad bastante mayor para resistir los esfuerzos de compresión que los de tensión, y dado que en cualquier condición de carga suelen estar presentes ambos, la falla del concreto casi siempre está asociada, en última instancia, con una falla por tensión. Esta situación es particularmente válida para estructuras en las que las condiciones de carga son a flexión, como en el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, en donde el diseño de las mezclas se realiza con la

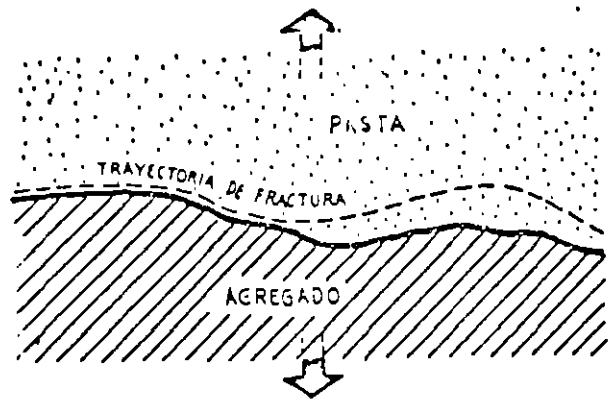
finalidad de obtener una cierta resistencia a tensión por flexión.

En el desarrollo de la resistencia a tensión, las características de forma y textura de los agregados juegan un papel importante, dado que las variaciones en éstas pueden originar diferencias notables en las condiciones de frontera entre los agregados y la pasta y, consecuentemente, en su interacción cuando el concreto es sometido a esfuerzos de tensión.

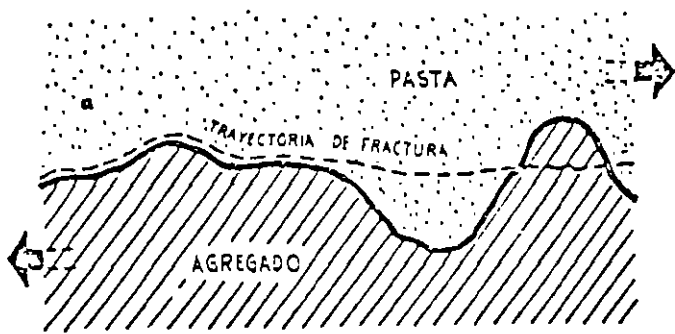
Si el concreto se hace trabajar a flexión hasta la falla, se producen fracturas en la vecindad del contacto pasta-agregado que pueden ser del tipo de falla por tensión o por cortante, según se indica esquemáticamente en la Fig. 12, en donde se destacan cuatro tipos principales de fractura:

- a) Por adherencia entre pasta y agregado
- b) Por tensión en la pasta.
- c) Por cortante en la pasta.
- d) Por cortante en el agregado

La falla por adherencia depende básicamente de la calidad de la pasta y de la forma y textura del agregado, de las cuales sólo es factible influir en la primera. En la Fig. 13 se indica la forma de dependencia que parece existir entre la relación agua/cemento de la pasta y su adherencia con el agregado. Se observa que en un cierto intervalo la adherencia mejora al disminuir la relación agua/cemento, pero llega un punto en que una mayor reducción de esta última produce el efecto contrario. Asimismo, la falla de la pasta por tensión o por cortante debe depender de su relación agua/cemento de un modo similar a como ésta influye en su resistencia a la compresión.



A) FALLA PRODUCIDA POR TENSION



B) FALLA PRODUCIDA POR CORTANTE

Fig. 12.- Tipos comunes de fractura en la zona de falla agregado-pasta de cemento

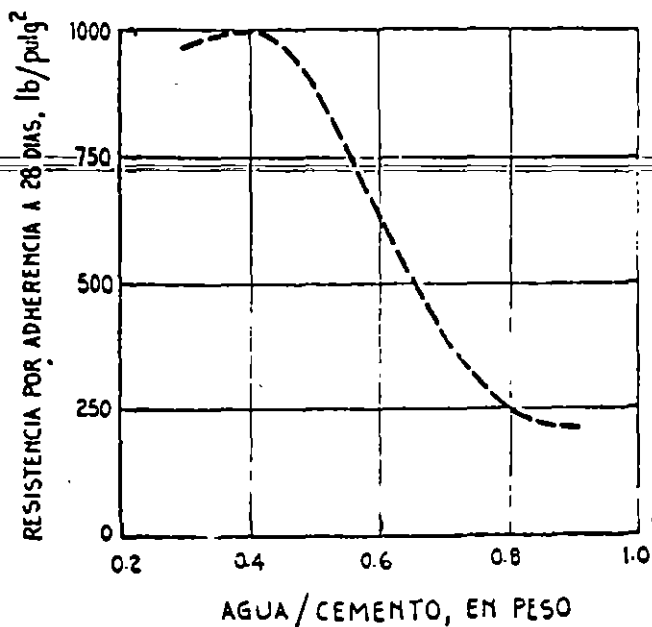


Fig. 13.- Influencia de la relación agua/cemento sobre la adherencia agregado-pasta de cemento

En la falla del agregado por cortante suelen influir su calidad, forma y tamaño máximo. Las partículas de formas redondeadas generalmente producen fallas por adherencia y no por cortante, debido a la regularidad de las superficies, sin la presencia de protuberancias que puedan representar planos de debilidad.

Como se indica en la Fig. 14 existe alguna evidencia en el sentido de que el aumento de tamaño máximo en el agregado produce cierta disminución en la resistencia por cortante entre éste y la pasta. Esta observación parece confirmar la conveniencia indicada con anterioridad, en el sentido de limitar el tamaño máximo del agregado, por consideraciones de esta naturaleza, cuando las mezclas de concreto se diseñan por flexión.

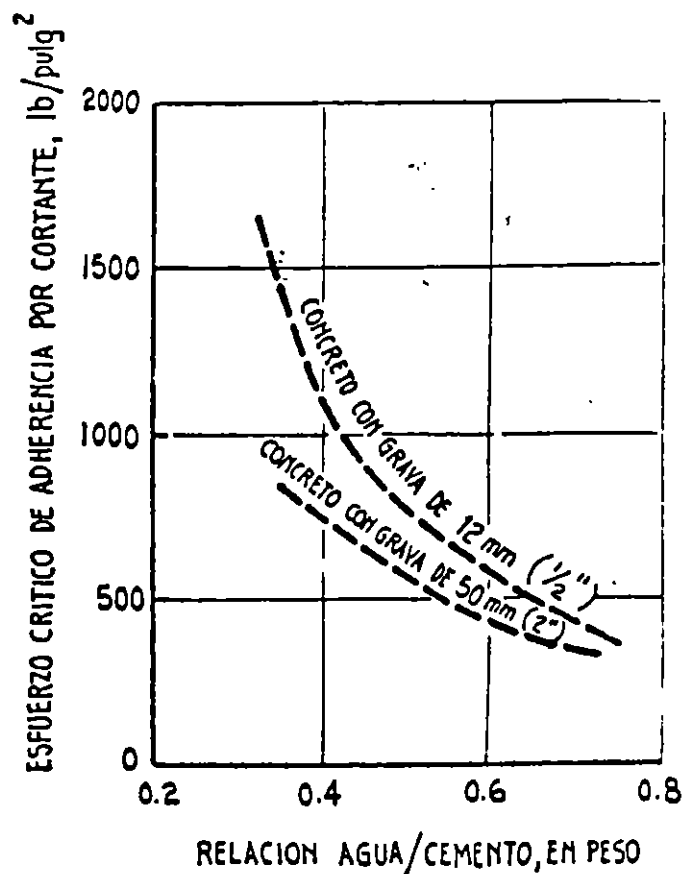


Fig. 14.- Influencia del tamaño máximo de grava en la adherencia por cortante agregado-pasta

CONCRETO BOMBEADO.

El diseño de una mezcla de concreto para ser bombeada, sobre todo en condiciones en que hay que salvar grandes distancia o fuertes desniveles, suele presentar requerimientos que conducen a la necesidad de hacer concesiones en cuanto a las propiedades del concreto endurecido, en beneficio de las características deseables en el concreto, fresco. Por ejemplo, en estos casos es frecuentemente necesario limitar el tamaño máximo del agregado en función del diámetro de la tubería, aumentar el contenido de agua para hacerla más fluida y así reducir la fricción con la tubería y la presión requerida para conducirla.

En la fig. 15 se comparan esquemáticamente las proporciones de dos concretos diseñados para la misma resistencia de proyecto, con diferentes requerimientos para ser trans-

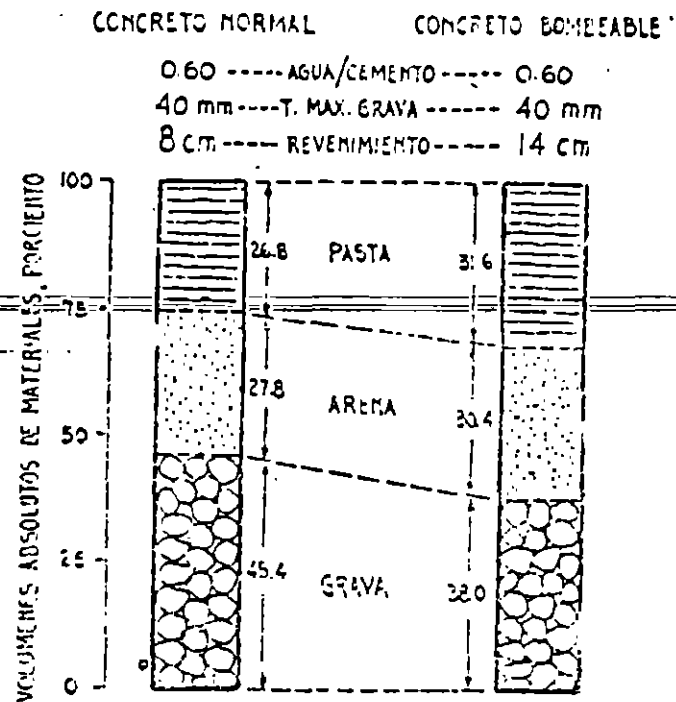


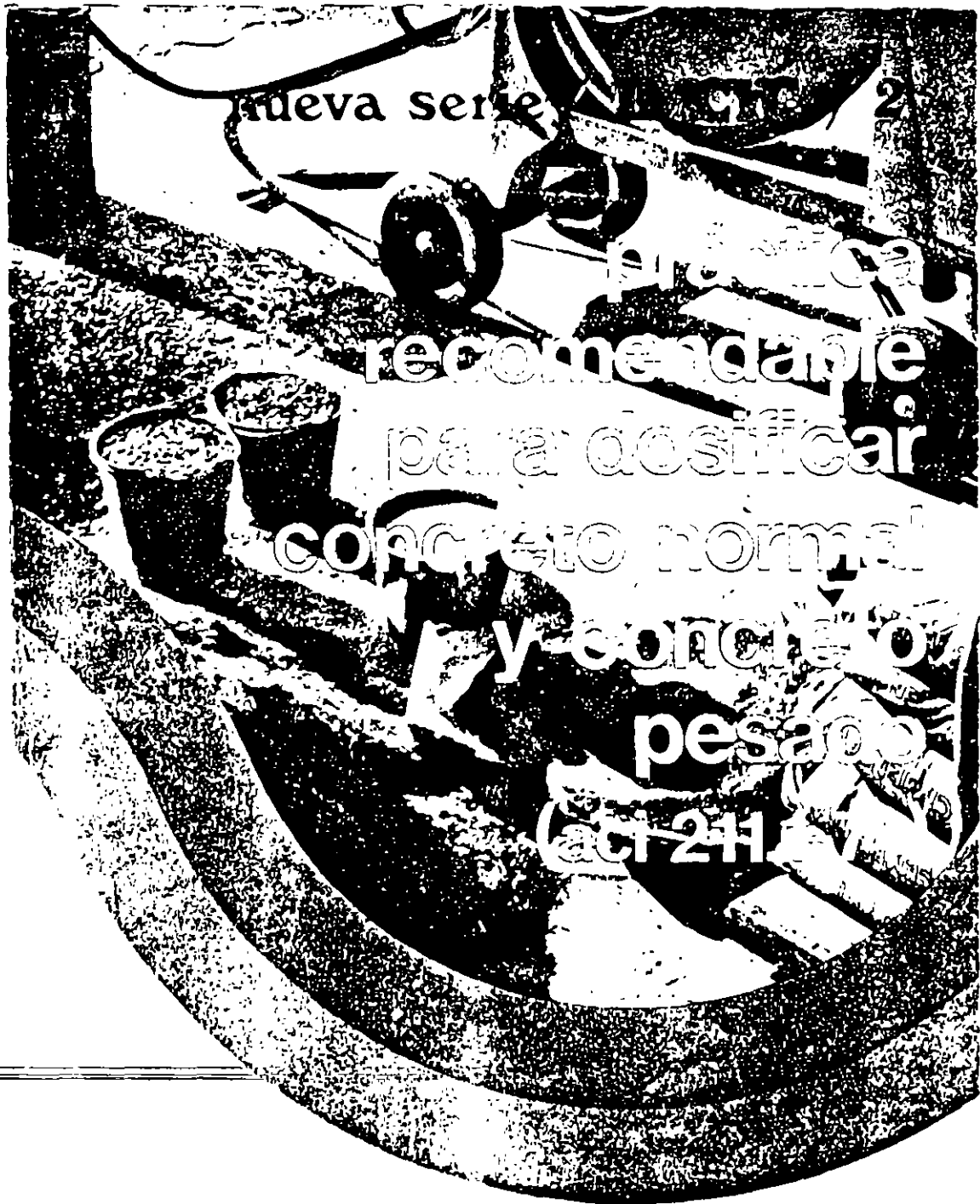
Fig. 15. Tendencias comunes en los cambios de las proporciones de materiales para concreto bombeable

portados: uno con los equipos normales que permiten el uso de un revenimiento de 8 cm. y el otro para ser bombeado con un revenimiento de 14 cm. Resulta evidente que la aceptación de - criterios opuestos en el diseño de esta última mezcla deriva de las ventajas que determinadas condiciones puede ofrecer el uso de de la bomba por medio de colocación del concreto.

La práctica recomendada por el Comité ACI 304 es - también una referencia útil para el diseño de mezclas de concreto bombeable.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ACI-211.1-81 "Práctica para Dosificar Concreto Normal, Concreto Pesado y Concreto Masivo" IMCYC.
- 2.- ACI Committee 211.2. "Recommended Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete", Detroit, 1969.
- 3.- Comité ACI 212 "guía para el empleo de aditivos en el concreto ", IMCYC, 1974
- 4.- ACI Committee 311, "ACI Manual of Concrete Inspection", Publication SP-2, Detroit, 1975.
- 5.- U.S. Bureau of Reclamation, "Concrete Manual", Eighth Edition, Washington, 1975.
- 6.- ASTM Designation C 33, "Standard Specification for Concrete Aggregates", Philadelphia, 1975.
- 7.- Powers, T.C. "Structure and Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste", Journal of American Ceramic Society. Jan., 1958.
- 8.- Comité ACI 304, "Colocación del concreto por métodos de bombeo", IMCYC, 1974.
- ~~9.- A.M. Neville, "Tecnología del concreto" Tomo 3, IMCYC, 1984.~~



nueva serie

9.2

Práctica
recomendable
para dosificar
concreto normal
y concreto
pesado
(CCT-21)



INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.

A N E X O S

ALCANCE

1.1. Esta práctica recomendable describe los métodos para seleccionar las proporciones de los concretos elaborados con agregados de peso volumétrico normal y alto (que se distinguen de los agregados de peso ligero y de alta densidad especial) y de trabajabilidad apropiada para la construcción común en el sitio de la obra (que se distingue de las mezclas especiales para la fabricación de productos de concreto).

1.2. Los métodos constituyen una primera aproximación a las proporciones que deben constatarse mediante las mezclas de prueba efectuadas en el laboratorio o en el campo y ajustarse, en la medida que sea necesario, para producir las características deseadas para el concreto.

1.3. Se han utilizado las unidades del sistema métrico en el cuerpo del texto.

1.4. Los métodos de prueba mencionados en el texto se incluyen en el Capítulo 9.

CONFIDENTIAL

PROCEDIMIENTOS PARA LA DOSIFICACION DE CONCRETO NORMAL

5.1. El procedimiento para la selección de las proporciones de la mezcla incluido en esta sección es aplicable para el concreto de peso normal. Aunque puede utilizarse la misma información básica y procedimientos para obtener el proporcionamiento del concreto pesado, en los Capítulos 7 y 8 se incluye información adicional, así como un ejemplo de cálculo para este tipo de concreto.

5.2. La estimación de los pesos requeridos para las mezclas de concreto comprende una secuencia de pasos lógicos y directos que, en efecto, concuerda con las características de los materiales disponibles para obtener una mezcla apropiada para la obra. Frecuentemente el problema de la adaptabilidad no se le deja al individuo que selecciona las proporciones. Las especificaciones de la obra pueden contener todos o algunos de los siguientes puntos:

5.2.1. Relación agua/cemento máxima

5.2.2. Contenido mínimo de cemento

5.2.3. Contenido de aire

5.2.4. Revenimiento

5.2.5. Tamaño máximo del agregado

5.2.6. Resistencia

5.2.7. Otros requerimientos que se relacionen con temas tales como resistencia de sobrediseño, aditivos y tipos especiales de cemento o agregado.

5.3. Independientemente de que las características del concreto se señalen en las especificaciones o se dejen al individuo que seleccione las proporciones, el establecimiento de los pesos de la mezcla por metro cúbico de

concreto puede obtenerse mediante la siguiente secuencia:

5.3.1. *Paso 1 Elección del revenimiento.* Si el revenimiento no está especificado, se puede elegir un valor apropiado para la obra de acuerdo a la Tabla 5.3.1. Los valores del revenimiento mostrados son aplicables cuando se utiliza la vibración para compactar el concreto. Deben usarse mezclas de consistencia muy rígida, que puedan colocarse eficientemente.

Tabla 5.3.1. Revenimientos recomendables para diversos tipos de construcción

Tipos de construcción	Revenimiento, cm	
	Máximo*	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación de concreto reforzado	8	2
Zapatas simples, cajones y muros de la subestructura	8	2
Vigas y muros de concreto reforzado	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	5	2

* Puede aumentar 2 cm cuando se utilicen métodos de compactación diferentes al de vibración.

5.3.2. *Paso 2. Elección del tamaño máximo del agregado.* Los agregados bien graduados de tamaño máximo tienen menos vacíos que los de tamaños menores. De aquí que los concretos con agregado de mayor tamaño requieran menos mortero por unidad de volumen de concreto. Generalmente, el tamaño máximo del agregado debe ser el mayor que se encuentre disponible económicamente y el que resulte compatible con las dimensiones de la estructura. Bajo ninguna circunstancia el tamaño máximo debe exceder de una quinta parte de la menor dimensión entre los lados de las cimbras, de una tercera parte del peralte de las losas, ni de tres cuartas partes del espaciamiento mínimo libre entre las varillas individuales de refuerzo, haces de varilla o cables pretensados. En algunas ocasiones estas limitaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen cavidades o vacíos. Para lograr los mejores resultados cuando se desea obtener un concreto de alta resistencia, deben reducirse los tamaños máximos de los agregados, ya que éstos producen mayores resistencias con una relación agua/cemento dada.

5.3.3. *Paso 3. Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.* La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida

para producir un revenimiento dado depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula y de la granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido. La cantidad de cemento no la afecta en mayor grado. En la Tabla 5.3.3. se proporcionan estimaciones con respecto a la cantidad de agua de mezclado requerida para concretos elaborados con varios tamaños máximos de agregado, con y sin aire incluido. Dependiendo de la textura y de la forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar un tanto por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente precisos para una primera estimación. Tales diferencias en los requerimientos de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, ya que existen otros factores compensatorios que

Tabla 5.3.3. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos del agregado*

Revenimiento, cm	Agua en kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos del agregado indicados							
	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm**	70 mm**	150 mm**
Concreto sin aire incluido								
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	—
Promedio recomendable de contenido total de aire, por ciento.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

* Estas cantidades de agua de mezclado deben utilizarse en los cálculos de los factores de cemento para mezclas de prueba. Son las máximas para agregados gruesos angulares razonablemente bien formados, graduados dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.
 ** Los valores de revenimiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de revenimiento efectuadas después de remover las partículas mayores de 40 mm por medio de cribado húmedo.

pueden estar incluidos. Por ejemplo, con un agregado grueso redondo y uno angular, ambos graduados similarmente y de buena calidad, puede producirse concreto de aproximadamente igual resistencia a la compresión utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de las diferencias en la relación agua/cemento resultante de los distintos requerimientos de agua de mezclado. La forma de la partícula en sí no constituye un indicio de que un agregado esté por encima o por debajo del promedio en su capacidad de producción de resistencia.

La Tabla 5.3.3. indica la cantidad aproximada de aire atrapado que puede esperarse en un concreto sin aire incluido y también muestra los niveles recomendables de contenido de aire promedio para concreto en el que se ha incluido aire para efectos de durabilidad. El concreto con aire incluido debe usarse siempre en estructuras que estarán expuestas a los fenómenos de congelación y deshielo y generalmente en estructuras expuestas al agua de mar o al efecto de sulfatos. Cuando no se prevee una exposición severa del concreto, la inclusión de aire puede acarrear efectos benéficos en la trabajabilidad y en la cohesión del concreto, con niveles de contenido de aire de aproximadamente la mitad de aquéllos indicados para el concreto con aire incluido.

Cuando se usan mezclas de prueba para establecer relaciones de resistencia o para verificar la capacidad de producción de resistencia de una mezcla, debe usarse la combinación menos favorable de agua de mezclado y contenido de aire. Esto es, el contenido de aire deberá ser el máximo permitido o el que probablemente ocurra, y el concreto debe calcularse hasta el revenimiento más alto permisible. Lo anterior evitará que se haga una estimación demasiado optimista de la resistencia, bajo la suposición de que las condiciones promedio más que las extremas serán las que prevalezcan en el campo. Para información sobre las recomendaciones relativas a contenido de aire, ver los reportes de los Comités ACI 201, 301 y 302.

5.3.4. Paso 4. Elección de la relación agua/cemento. Los requerimientos de la relación agua/cemento se determinan no sólo por los requerimientos de resistencia sino también por factores tales como la durabilidad y las propiedades del acabado. Ya que los diferentes agregados y cementos generalmente producen resistencias distintas con la misma relación agua/cemento, ~~es altamente recomendable conocer o desarrollar la correspondencia entre la resistencia y la relación agua/cemento para los materiales a usarse.~~ En ausencia de tal información, pueden tomarse los valores aproximados y relativamente conservadores para concreto conteniendo cemento Portland Tipo I que se indican en la Tabla 5.3.4(a). Con materiales típicos, las relaciones agua/cemento tabuladas deben producir las resistencias mostradas, que están basadas en pruebas a los 28 días de muestras curadas bajo condiciones estándar de laboratorio. La resistencia promedio seleccionada debe, desde luego, exceder a la resistencia especificada por un margen sufi-

Tabla 5.3.4.(a). Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

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

* Los valores indican las resistencias promedio estimadas para concreto conteniendo un porcentaje de aire no mayor que el indicado en la Tabla 5.3.3. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta. La resistencia está basada en cilindros de 15 x 30 cm, curados en húmedo por 28 días a 23° ± 1.7°C, de acuerdo con la Sección 9(b) de la Norma ASTM C 31, "Fabricación y Curado de Muestras de Concreto para Pruebas a Flexión y a Compresión en el Campo." La resistencia de cubos será aproximadamente 20% más alta. La correspondencia indicada asume un tamaño máximo del agregado de aproximadamente 20 a 30 mm; para agregados de una procedencia determinada, la resistencia producida para una relación agua/cemento dada aumentará conforme el tamaño máximo del agregado disminuya; ver Secciones 3.4 y 5.3.2.

Tabla 5.3.4.(b). Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto expuesto a condiciones severas*

Tipo de estructura	Estructura continua o frecuentemente húmeda y expuesta a congelación y deshielo**	Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos
Secciones delgadas (rieles, bordillos, durmientes, obras ornamentales) y secciones con menos de 3 cm de recubrimiento sobre el acero.	0.45	0.40***
Todas las demás estructuras.	0.50	0.45***

* Basada en el reporte del Comité ACI 201, "Durabilidad del concreto en servicio", citado previamente.
 ** El concreto también debe ser del tipo de aire incluido.
 *** Si se utiliza cemento resistente a los sulfatos (Tipo II o Tipo V de la Norma ASTM C 150), la relación agua/cemento permisible podrá aumentarse en 0.05.

ciente, para mantener el número de pruebas de resistencias bajas dentro de los límites especificados.*

* Ver "Práctica recomendada para la evaluación de resultados de ensayos de compresión de concreto en el campo" (ACI-214-65), publicada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, noviembre de 1968.

Para condiciones de exposición severas, la relación agua/cemento debe mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con un valor mayor. En la Tabla 5.3.4.(b) se proporcionan los valores límite.

5.3.5. *Paso 5. Cálculo del contenido de cemento.* La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto se obtiene de las determinaciones efectuadas en los Pasos 3 y 4. El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (Paso 3), dividido entre la relación agua/cemento (Paso 4). Si, no obstante, la especificación incluye por separado un límite mínimo de cemento además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en aquel criterio que conduzca a la mayor cantidad de cemento.

El uso de puzolanas o de aditivos químicos afectará las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido.*

5.3.6. *Paso 6. Estimación del contenido de agregado grueso.* Los agregados esencialmente similares en granulometría y en tamaño máximo producirán un concreto de trabajabilidad satisfactoria cuando se emplee un volumen determinado de agregado grueso y seco, compactado con varilla, por volumen unitario de concreto. En la Tabla 5.3.6. se proporcionan los

Tabla 5.3.6. Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado, mm	Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla,* por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena**			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes están basados en agregados secos y compactados con varilla, como se describe en la Norma ASTM C 29, "Peso unitario de los agregados." Estos volúmenes se han seleccionado de relaciones empíricas para producir un concreto con un grado de trabajabilidad apropiado para la construcción reforzada usual. Para obtener un concreto con menos trabajabilidad como el que se utiliza en la construcción de pavimentos de concreto, estos valores se pueden aumentar en un 10%. Para un concreto con más trabajabilidad como el que algunas veces se requiere cuando la colocación se efectúa por bombeo, estos valores se pueden reducir hasta en un 10%.

**El módulo de finura de la arena es igual a la suma de las relaciones (acumulativas) retenidas en tamices de malla con aberturas de 0.149, 0.297, 0.595, 1.19, 2.38 y 4.76 mm.

* Ver NS-7, "Guía para el empleo de aditivos en el concreto" (ACI-212), publicada por el Instituto del Cemento y del Concreto, junio de 1976, páginas 40, 46 y 55.

valores adecuados para este volumen de agregado. Se puede observar que, para obtener una trabajabilidad similar, el volumen de agregado grueso para un volumen unitario de concreto sólo depende de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino. Las diferencias en la cantidad de mortero necesaria para obtener la trabajabilidad con agregados distintos, debidas a la forma y granulometría de las partículas, quedan automáticamente compensadas con las diferencias en el contenido de vacíos en el agregado seco y compactado con varilla.

El volumen del agregado, seco y compactado con varilla, por metro cúbico de concreto, se muestra en la Tabla 5.3.6. Este volumen se convierte al peso seco del agregado grueso requerido por metro cúbico de concreto multiplicándolo por el peso volumétrico del agregado grueso, seco y compactado con varilla.

5.3.6.1. Para obtener un concreto más manejable, como el que se requiere en algunas ocasiones cuando se usa una bomba para la colocación o cuando se coloca el concreto en zonas congestionadas con acero de refuerzo, sería recomendable reducir hasta en un 10% el contenido estimado de agregado grueso que se había determinado en la Tabla 5.3.6. Sin embargo, se debe tener cuidado en asegurar que el revenimiento resultante, la relación agua/cemento y las propiedades de resistencia del concreto sean compatibles con las recomendaciones proporcionadas en las Secciones 5.3.1. y 5.3.4. y que satisfagan los requerimientos aplicables de las especificaciones del proyecto.

Tabla 5.3.7.1. Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máximo del agregado, mm	Primera estimación del peso del concreto kg/m ³	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

* Valores calculados con la ec. (5-1) para concretos medianamente ricos (330 kg de cemento por m³) y revenimiento medio, con un agregado cuyo peso específico es de 2.7. Los requerimientos de agua están basados en los valores de revenimiento de 8 a 10 cm, de la Tabla 5.3.3. Si se desea, se puede precisar más la estimación del peso, como se indica a continuación, siempre que se posea la información necesaria: por cada 5 kg de diferencia en el agua de mezclado de la Tabla 5.3.3., para valores de 8 a 10 cm de revenimiento, se corregirá el peso por m³ en 9 kg en la dirección opuesta; por cada 20 kg de diferencia en el contenido de cemento de 330 kg, se corregirá el peso por m³ en 3 kg en la misma dirección; por cada 0.1 de desviación de 2.7 en el peso específico del agregado, se corregirá en 70 kg el peso del concreto en la misma dirección.

REVISADO
 15/05/2014
 15/05/2014

5.3.7. Paso 7. *Estimación del contenido de agregado fino.* Al concluir el Paso 6, se habrán calculado todos los ingredientes del concreto, a excepción del agregado fino. Su cantidad se determina por medio de las diferencias. Se puede emplear cualquiera de estos dos procedimientos: el método "por peso" (Sección 5.3.7.1.) o el método de "volumen absoluto" (Sección 5.3.7.2.).

5.3.7.1. Si el peso del volumen unitario de concreto se supone o puede estimarse por experiencia, el peso requerido de agregado fino es simplemente la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes. Por lo general, en base a experiencias anteriores con los materiales, se conoce el peso unitario del concreto con una precisión razonable. Si no se cuenta con esta información, se puede utilizar la Tabla 5.3.7.1. para hacer una primera estimación. Aunque el peso estimado por metro cúbico de concreto sea aproximado, las proporciones de la mezcla serán lo suficientemente exactas para permitir ajustes fáciles basados en las mezclas de prueba, como se mostrará en los ejemplos siguientes.

Si se desea obtener un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cúbico, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$U_m = 10 G_a (100 - A) + C_m (1 - G_a/G_c) - W_m (G_a - 1) \quad (5-1)$$

En donde:

U_m = peso volumétrico del concreto fresco, kg/m^3

G_a = promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados finos y gruesos combinados, a granel SSS*

G_c = peso específico del cemento (por lo general 3.15)

A = contenido de aire, por ciento

W_m = requerimiento de agua de mezclado, kg/m^3

C_m = requerimiento de cemento, kg/m^3

5.3.7.2. Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregado fino se basa en el uso de los volúmenes de los ingredientes. En este caso, el volumen total de los ingredientes conocidos ~~—agua, aire, cemento y agregado grueso— se resta del volumen unitario~~ de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen que cualquier ingrediente ocupa en el concreto es igual a su peso dividido entre el peso específico de ese material (siendo este último el pro-

* SSS indica que se utilizó la condición saturada y superficialmente seca para considerar el desplazamiento de una parte del agregado. El peso específico del agregado utilizado en los cálculos debe ser compatible con la condición de humedad supuesta en los pesos básicos del agregado por mezcla, es decir, de la masa seca si se establecen los pesos del agregado de acuerdo a la base seca, y del peso específico a granel SSS si los pesos se establecen con agregados saturados y superficialmente secos.

ducto del peso unitario del agua y la densidad del material).

5.3.8. *Paso 8. Ajustes por el contenido de humedad del agregado.* Debe considerarse la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Por lo general, los agregados están húmedos y a su peso en seco habrá que aumentarle el porcentaje de agua que contengan, tanto la absorbida como la superficial. El agua de mezclado que se agrega a la mezcla debe reducirse en una cantidad igual a la de la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción.

5.3.9. *Paso 9. Ajustes en la mezcla de prueba.* Se deben verificar las proporciones calculadas de la mezcla por medio de mezclas de prueba preparadas y probadas de acuerdo a la Norma ASTM C 192, "Fabricación y curado de muestras de concreto para pruebas a presión y a compresión en el laboratorio", o con mezclas de campo de tamaño completo. Sólo debe utilizarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido sin considerar la cantidad supuesta en las proporciones de prueba. Se debe verificar el peso unitario y el rendimiento del concreto (ASTM C 138) así como el contenido de aire (ASTM C 138, C 173 o C 231). También debe observarse cuidadosamente que el concreto posea la trabajabilidad y las propiedades de acabado adecuadas y que esté libre de segregación. Se deberán hacer los ajustes pertinentes con las proporciones de las mezclas subsecuentes siguiendo el procedimiento indicado a continuación.

5.3.9.1. Se estima de nuevo la cantidad de agua de mezclado necesaria por metro cúbico de concreto, dividiendo el contenido neto de agua de mezclado de la mezcla de prueba entre el rendimiento de la mezcla de prueba en metros cúbicos. Si el revenimiento de la mezcla de prueba no fue el correcto, se aumenta o se disminuye la cantidad reestimada de agua en 2 kg por cada centímetro de aumento o disminución del revenimiento requerido.

5.3.9.2. Si no se obtuvo el contenido deseado de aire (para concreto con aire incluido), se estima nuevamente el contenido de aditivo requerido para el contenido adecuado de aire, y se reduce o aumenta el contenido de agua de mezclado indicado en el Párrafo 5.3.9.1. en 3 kg/m³ por cada 1% de contenido de aire que deba aumentarse o reducirse de la mezcla de prueba previa.

5.3.9.3. Si la base para la dosificación es el peso estimado por metro cúbico de concreto fresco, la reestimación de ese peso se obtiene reduciéndole o aumentándole el porcentaje determinado por anticipado de aumento o disminución del contenido de aire de la mezcla, ajustado con respecto a la primera mezcla de prueba.

5.3.9.4. Se calculan los nuevos pesos de la mezcla partiendo del Paso 4 (Párrafo 5.3.4.), modificando el volumen de agregado grueso que aparece en la Tabla 5.3.6, si es necesario, para obtener una trabajabilidad adecuada.

EJEMPLOS DE CALCULO PARA CONCRETO NORMAL

6.1. Para ilustrar la aplicación de los procedimientos de dosificación se utilizarán dos problemas como ejemplo. Se supondrán las siguientes condiciones:

6.1.1. Se usará cemento Tipo I, sin inclusor de aire, y se le supondrá un peso específico de 3.15.*

6.1.2. En cada caso, los agregados fino y grueso serán de calidad satisfactoria y tendrán granulometrías que se encuentren dentro de los límites de las especificaciones generalmente aceptadas.**

6.1.3. El agregado grueso tendrá un peso específico de 2.68* y una absorción de 0.5%.

6.1.4. El agregado fino tendrá un peso específico de 2.64*, una absorción de 0.7% y un módulo de finura de 2.8.

6.2. *Ejemplo 1.* Se requiere concreto para una parte de una estructura que va a quedar debajo del nivel del terreno en un sitio donde no estará expuesta a intemperismo severo o al ataque de sulfatos. Las consideraciones estructurales requieren que tenga una resistencia a la compresión de 250 kg/cm²*** a los 28 días. Con base en la información de la Tabla 5.3.1, así

* Los valores del peso específico no se utilizan si las proporciones se seleccionan para obtener un peso estimado de concreto por metro cúbico.

** Como se indica en las "Especificaciones para agregados para concreto", (ASTM C 33).

*** Esta no es la resistencia especificada utilizada para diseño estructural, sino una cantidad mayor que se espera obtener como promedio. El método para determinar la cantidad en la que la resistencia promedio debe exceder a la de diseño aparece en la "Práctica recomendable para la evaluación de resultados de ensayos de compresión de concreto en el campo" (ACI-214-65), publicada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, noviembre de 1968.

como en experiencias previas, se ha determinado que, dadas las condiciones de colocación, el revenimiento deberá ser de 8 a 10 cm y que el agregado grueso disponible, que es de 4.75 mm (No. 4 ASTM) a 40 mm resulta el adecuado. Se ha determinado que el peso del agregado grueso, compactado con varilla y seco, es de 1 600 kg/m³. Empleando la secuencia descrita en la Sección 5, las cantidades de los ingredientes por metro cúbico de concreto se calcularán como sigue:

6.2.1. *Paso 1.* Como se indicó anteriormente, el revenimiento deseado es de 8 a 10 cm.

6.2.2. *Paso 2.* También ya se ha mencionado que el agregado de que se dispone en la localidad, graduado de 4.75 mm (No. 4) a 40 mm, es el adecuado.

6.2.3. *Paso 3.* Puesto que la estructura no estará expuesta a intemperismo severo, se utilizará concreto sin aire incluido. La cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir un revenimiento de 8 a 10 cm en un concreto sin aire incluido con agregado de 40 mm es de 175 kg/m³, de acuerdo a la Tabla 5.3.3. El aire atrapado se estima en 1%.

6.2.4. *Paso 4.* De acuerdo a la Tabla 5.3.4.(a), la relación agua/cemento necesaria para producir una resistencia de 250 kg/cm² en un concreto sin aire incluido se estima en aproximadamente 0.62.

6.2.5. *Paso 5.* De acuerdo a la información obtenida en los Pasos 3 y 4, el contenido requerido de cemento será de:

$$\frac{175}{0.62} = 282 \text{ kg/m}^3$$

6.2.6. *Paso 6.* La cantidad de agregado grueso se estima de acuerdo a la Tabla 5.3.6. Para un agregado fino con 2.8 de módulo de finura y un agregado grueso con tamaño máximo de 40 mm, dicha tabla recomienda el uso de 0.72 m³ de agregado grueso, compactado con varilla y seco, por metro cúbico de concreto. Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

$$0.72 \times 1\,600 = 1\,152 \text{ kg}$$

6.2.7. *Paso 7.* Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales restantes para completar un metro cúbico de concreto consistirán en arena y el aire que pueda quedar atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar con base en el peso o en el volumen absoluto, como se muestra a continuación:

6.2.7.1. *Con base en el peso.* De acuerdo a la Tabla 5.3.7.1., el peso de un metro cúbico de concreto sin aire incluido, elaborado con agregado de tamaño máximo de 40 mm, se estima en 2 420 kg. (Para la primera mezcla de prueba, los ajustes exactos de este valor, debidos a las diferencias usuales en el revenimiento, el factor de cemento y el peso específico de los agregados, no son críticos). Los pesos conocidos son los siguientes:

Agua (de mezclado neta)	=	175 kg
Cemento	=	282 kg
Agregado grueso	=	1 152 kg (seco)*
Total	=	1 609 kg

Por lo tanto, el peso de la arena se estima en:

$$2\,420 - 1\,609 = 811 \text{ kg (seco)*}$$

6.2.7.2. *Con base en el volumen absoluto.* Con las cantidades de cemento, agua y agregado grueso ya determinadas y tomando de la Tabla 5.3.3. el contenido aproximado de aire atrapado (diferente al aire incluido intencionalmente), se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volumen de agua	=	$\frac{175}{1\,000}$	=	0.175 m ³
Volumen absoluto de cemento	=	$\frac{282}{3.15 \times 1\,000}$	=	0.090 m ³
Volumen absoluto de agregado grueso	=	$\frac{1\,152}{2.68 \times 1\,000}$	=	0.430 m ³
Volumen de aire atrapado	=	0.01 × 1.0	=	0.010 m ³
Volumen absoluto total de los ingredientes, con excepción de la arena			=	0.705 m ³
Volumen absoluto de arena requerido	=	1.000 - 0.705	=	0.295 m ³
Peso requerido de arena seca	=	0.295 × 2.64 × 1 000	=	779 kg

6.2.7.3. A continuación se comparan los pesos para la mezcla de un metro cúbico de concreto, calculados según las dos bases:

	Con base en el peso estimado del concreto, kg	Con base en el volumen absoluto de los ingredientes, kg
Agua (de mezclado neta)	175	175
Cemento	282	282
Agregado grueso (seco)	1 152	1 152
Arena (seca)	811	779

* No se toma en cuenta la absorción del agregado porque su magnitud resulta insignificante en relación con otras aproximaciones.

6.2.8. *Paso 8.* Las pruebas indican una humedad total del 2% en el agregado grueso y del 6% en el agregado fino. Si se utilizan las proporciones de la mezcla de prueba basadas en el peso estimado del concreto, los ajustes en los pesos de los agregados son:

Agregado grueso (húmedo)	= 1 152 (1.02)	= 1 175 kg
Agregado fino húmedo	= 811 (1.06)	= 860 kg

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse del ajuste por adición de agua. De esta manera, la cantidad de agua superficial que aporta el agregado grueso es de $2 - 0.5 = 1.5\%$; y el agregado fino aporta $6 - 0.7 = 5.3\%$. Por lo tanto, el requerimiento estimado de agua de adición es:

$$175 - 1\,152(0.015) - 811(0.053) = 115 \text{ kg}$$

Los pesos estimados de la mezcla para un metro cúbico de concreto son:

Agua (por añadir)	115 kg
Cemento	282 kg
Agregado grueso (húmedo)	1 175 kg
Agregado fino (húmedo)	860 kg
Total	<u>2 432 kg</u>

6.2.9. *Paso 9.* Para las mezclas de prueba de laboratorio, se ha considerado conveniente reducir a escala los pesos para producir 0.02 m^3 de concreto. Aunque la cantidad calculada de agua por añadir fue de 2.30 kg, la cantidad que realmente se utilizó, en un intento por obtener el revenimiento deseado de 8 a 10 cm, fue de 2.70 kg. La mezcla, por consiguiente, consistió en:

Agua (añadida)	2.70 kg
Cemento	5.64 kg
Agregado grueso (húmedo)	23.50 kg
Agregado fino (húmedo)	17.20 kg
Total	<u>49.04 kg</u>

El concreto tiene un revenimiento medido de 5 cm y un peso unitario de $2\,390 \text{ kg/m}^3$. Se considera satisfactorio desde el punto de vista de su trabajabilidad y de sus propiedades de acabado. Para obtener el rendimiento adecuado y otras características en mezclas elaboradas posteriormente, se harán los siguientes ajustes:

6.2.9.1. Puesto que el rendimiento de la mezcla de prueba fue de.

$$\frac{49.04}{2\,390} = 0.0205 \text{ m}^3$$

y el contenido de agua de mezclado fue de 2.70 kg (añadida) + 0.34 (en el agregado grueso) + 0.86 (en el agregado fino) = 3.90 kg, la cantidad de agua de mezclado que se necesita para un metro cúbico de concreto con el mismo revenimiento de la mezcla de prueba debe ser:

$$\frac{3.90}{0.0205} = 190 \text{ kg}$$

Como se indicó en el Párrafo 5.3.9.1, esta cantidad debe incrementarse en 8 kg, para elevar el revenimiento medido de 5 cm al deseado de 8 a 10 cm aumentando, por consiguiente, a 198 kg la cantidad total de agua de mezclado.

6.2.9.2. Al aumentar el agua de mezclado se requiere agregar cemento adicional para mantener la relación agua/cemento deseada, de 0.62. El nuevo contenido de cemento es de:

$$\frac{198}{0.62} = 319 \text{ kg/m}^3$$

6.2.9.3. Puesto que se ha encontrado satisfactoria la trabajabilidad, se conservará la cantidad de agregado grueso por volumen unitario de concreto utilizada en la mezcla de prueba. La cantidad de agregado grueso por metro cúbico es de:

$$\frac{23.50}{0.0205} = 1\ 146 \text{ kg (húmedo)}$$

que equivale a

$$\frac{1\ 146}{1.02} = 1\ 124 \text{ kg (seco)}$$

y

$$1\ 124 \times 1.005 = 1\ 130 \text{ kg (SSS*)}$$

6.2.9.4. La nueva estimación del peso por metro cúbico de concreto es de 2 390 kg. La cantidad de arena requerida es, por lo tanto:

$$2\ 390 - (198 + 319 + 1\ 130) = 743 \text{ kg (SSS)}$$

o

$$\frac{743}{1.007} = 738 \text{ kg (seca)}$$

Los pesos básicos ajustados de la mezcla por metro cúbico de concreto son:

Agua (de mezclado neta)	198 kg
Cemento	319 kg
Agregado grueso (seco)	1 124 kg
Agregado fino (seco)	738 kg

* Saturado y superficialmente seco.

6.2.10. Los ajustes en las proporciones, determinados con base en el volumen absoluto, siguen un procedimiento semejante al descrito arriba. Se siguen los pasos sin explicaciones detalladas:

6.2.10.1. Las cantidades empleadas en una mezcla nominal de 0.02 m³ son:

Agua (añadida)	2.70 kg
Cemento	5.64 kg
Agregado grueso (húmedo)	23.50 kg
Agregado fino (húmedo)	16.51 kg
Total	<u>48.35 kg</u>

El revenimiento medido es de 5 cm; el peso unitario, de 2 390 kg/m³; el rendimiento, $\frac{48.35}{2\,390} = 0.0202$ m³; la trabajabilidad es satisfactoria.

6.2.10.2. Agua reestimada para un revenimiento igual al de la mezcla de prueba:

$$\frac{2.70 + 0.34 + 0.83}{0.0202} = 192 \text{ kg}$$

El agua de mezclado que se requiere para lograr un revenimiento de 8 a 10 cm es:

$$192 + 8 = 200 \text{ kg}$$

6.2.10.3. El ajuste del contenido de cemento por el incremento de agua es:

$$\frac{200}{0.62} = 323 \text{ kg}$$

6.2.10.4. Ajuste del agregado grueso requerido:

$$\frac{23.50}{0.0202} = 1\,163 \text{ kg (húmedo)}$$

o

$$\frac{1\,163}{1.02} = 1\,140 \text{ kg (seco)}$$

6.2.10.5. El volumen de los ingredientes, a excepción del aire, en la mezcla de prueba original fue:

$$\text{Agua} = \frac{3.87}{1\,000} = 0.0039 \text{ m}^3$$

Cemento	$= \frac{5.64}{3.15 \times 1\,000}$	$= 0.0018 \text{ m}^3$
Agregado grueso	$= \frac{23.04}{2.68 \times 1\,000}$	$= 0.0086 \text{ m}^3$
Agregado fino	$= \frac{15.58}{2.64 \times 1\,000}$	$= 0.0059 \text{ m}^3$
Total		$= 0.0202 \text{ m}^3$

Puesto que el rendimiento obtenido fue también de 0.0202 m^3 , no había aire en el concreto que pudiera detectarse dentro de la precisión de la prueba del peso unitario y de las cifras importantes de los cálculos. Una vez que se han establecido las proporciones de todos los ingredientes (a excepción del agregado fino) se puede completar la determinación de las cantidades ajustadas de la mezcla por metro cúbico como sigue:

Volumen de agua	$= \frac{200}{1\,000}$	$= 0.200 \text{ m}^3$
Volumen de cemento	$= \frac{323}{3.15 \times 1\,000}$	$= 0.103 \text{ m}^3$
Holgura para el volumen de aire	— — — —	$= 0.000 \text{ m}^3$
Volumen de agregado grueso	$= \frac{1\,140}{2.68 \times 1\,000}$	$= 0.425 \text{ m}^3$
Volumen total, sin incluir el agregado fino		$= 0.728 \text{ m}^3$
Volumen requerido de agregado fino	$1.000 - 0.728$	$= 0.272 \text{ m}^3$
Peso del agregado fino (seco)	$0.272 \times 2.64 \times 1\,000$	$= 718 \text{ kg}$

Los pesos básicos ajustados para obtener una mezcla de un metro cúbico de concreto son, por lo tanto:

Agua (de mezclado neta)	200 kg
Cemento	323 kg
Agregado grueso (seco)	1 140 kg
Agregado fino (seco)	718 kg

Estos pesos difieren ligeramente de los proporcionados en el Párrafo 6.2.9.4, de acuerdo al método del peso estimado del concreto. Las pruebas realizadas posteriormente o la experiencia pueden indicar pequeños ajustes adicionales para cualquiera de los dos métodos.

6.3. *Ejemplo 2.* Se requiere concreto para una pila de un puente que estará expuesta a agua dulce en un clima severo. El requerimiento promedio de resistencia a la compresión es de 200 kg/cm² a los 28 días. Las condiciones de colocación permiten un revenimiento de 3 a 5 cm, así como el uso de agregado grande, pero se utilizará el único agregado grueso de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual posee una graduación de 4.75 mm (malla No. 4) a 25 mm. Se determinó que su peso, compactado con varilla y seco, es de 1 520 kg/m³. Se indican otras características en la Sección 6.1.

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática. Obsérvese que es posible evitar confusiones si se siguen todos los pasos de la Sección 5, aun cuando parezcan repeticiones de los requerimientos ya especificados.

6.3.1. *Paso 1.* El revenimiento deseado es de 3 a 5 cm.

6.3.2. *Paso 2.* Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee una graduación de 4.75 a 25 mm.

6.3.3. *Paso 3.* Puesto que la estructura estará expuesta a intemperismo severo, se utilizará concreto con aire incluido. La cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir un revenimiento de 3 a 5 cm en un concreto con aire incluido con agregado de 25 mm es de 160 kg/m³, de acuerdo a la Tabla 5.3.3. El contenido recomendado de aire es del 5%.

6.3.4. *Paso 4.* De acuerdo a la Tabla 5.3.4. (a), la relación agua/cemento necesaria para producir una resistencia de 200 kg/cm² en un concreto con aire incluido se estima en aproximadamente 0.61. Sin embargo, la Tabla 5.3.4. (b) indica que la relación agua/cemento no debe exceder de 0.50 cuando se prevé una exposición a condiciones ambientales severas. Este valor (0.50) regirá y deberá usarse en los cálculos.

6.3.5. *Paso 5.* De acuerdo a la información obtenida en los Pasos 3 y 4, el contenido requerido de cemento será de:

$$\frac{160}{0.50} = 320 \text{ kg/m}^3$$

6.3.6. *Paso 6.* La cantidad de agregado grueso se estima de acuerdo a la Tabla 5.3.6. Para un agregado fino con 2.8 de módulo de finura y un agregado grueso con tamaño máximo de 25 mm, dicha tabla recomienda el uso de 0.67 m³ de agregado grueso, compactado con varilla y seco, por cada metro cúbico de concreto. Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

$$1\ 520 \times 0.67 = 1\ 018 \text{ kg}$$

6.3.7. *Paso 7.* Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento

y agregado grueso, los materiales restantes para completar un metro cúbico de concreto son la arena y el aire.

La cantidad de arena requerida se puede determinar con base en el peso o en el volumen absoluto, como se muestra a continuación:

6.3.7.1. *Con base en el peso.* De acuerdo a la Tabla 5.3.7.1, el peso de un metro cúbico de concreto con aire incluido, elaborado con agregados con tamaño máximo de 25 mm, se estima en 2 315 kg. (Para la primera mezcla de prueba, los ajustes exactos de este valor, debidos a las diferencias usuales en el revenimiento, el factor de cemento y el peso específico de los agregados, no son críticos). Los pesos conocidos son los siguientes:

Agua (de mezclado neta)	160 kg
Cemento	320 kg
Agregado grueso (seco)	1 018 kg
Total	1 498 kg

Por lo tanto, el peso de la arena se estima en:

$$2\,315 - 1\,498 = 817 \text{ kg (seco)}$$

6.3.7.2. *Con base en el volumen absoluto.* Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya determinadas, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volumen de agua	$= \frac{160}{1\,000}$	$= 0.160 \text{ m}^3$
Volumen absoluto de cemento	$= \frac{320}{3.15 \times 1\,000}$	$= 0.102 \text{ m}^3$
Volumen absoluto de agregado grueso	$= \frac{1\,018}{2.68 \times 1\,000}$	$= 0.380 \text{ m}^3$
Volumen de aire	$= 0.05 \times 1.0$	$= 0.050 \text{ m}^3$
Volumen total de los ingredientes, con excepción de la arena		$= 0.692 \text{ m}^3$
Volumen absoluto requerido de arena	$= 1.000 - 0.692$	$= 0.308 \text{ m}^3$
Peso requerido de arena seca	$= 0.308 \times 2.64 \times 1\,000$	$= 813 \text{ kg}$

6.3.7.3. A continuación se comparan los pesos para la mezcla de un metro cúbico de concreto, calculados según las dos bases:

	Con base en el peso estimado del concreto, kg	Con base en el volumen absoluto de los ingredientes, kg
Agua (de mezclado neto)	160	160
Cemento	320	320
Agregado grueso (seco)	1 018	1 018
Arena (seca)	817	813

6.3.8. *Paso 8.* Las pruebas indican una humedad total del 3% en el agregado grueso, y del 5% en el agregado fino. Si se utilizan las proporciones de la mezcla de prueba basadas en el peso estimado del concreto, los ajustes en los pesos de los agregados son:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso (húmedo)} &= 1\,018 (1.03) = 1\,048 \text{ kg} \\ \text{Agregado fino (húmedo)} &= 817 (1.05) = 858 \text{ kg} \end{aligned}$$

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse del ajuste por adición de agua. De esta manera, la cantidad de agua superficial que aporta el agregado grueso es de $3 - 0.5 = 2.5\%$; y el agregado fino aporta $5 - 0.7 = 4.3\%$. Por lo tanto, el requerimiento estimado de agua de adición es:

$$160 - 1\,018 (0.025) - 817 (0.043) = 100 \text{ kg}$$

Los pesos estimados de la mezcla para un metro cúbico de concreto son:

Agua (por añadir)	100 kg
Cemento	320 kg
Agregado grueso (húmedo)	1 048 kg
Agregado fino (húmedo)	858 kg
Total	2 326 kg

6.3.9. *Paso 9.* Para las mezclas de prueba de laboratorio, se reducen a escala los pesos para producir 0.02 m^3 de concreto. Aunque la cantidad calculada de agua por añadir fue de 2 kg, la cantidad que realmente se utilizó, en un intento por obtener el revenimiento deseado, de 3 a 5 cm, fue de 1.78 kg. La mezcla, por consiguiente, consistió en:

Agua (añadida)	1.78 kg
Cemento	6.40 kg
Agregado grueso (húmedo)	20.96 kg
Agregado fino (húmedo)	17.16 kg
Total	46.30 kg

El concreto tiene un revenimiento medido de 5 cm, un peso unitario de $2\,272 \text{ kg/m}^3$ y un contenido de aire de 6.5%. Se considera que está ligeramente excedido en arena, lo que dificulta su colocación. Para obtener

el rendimiento adecuado y otras características en mezclas elaboradas posteriormente, se harán los siguientes ajustes:

6.3.9.1. Puesto que el rendimiento de la mezcla de prueba fue de:

$$\frac{46.3}{2\ 272} = 0.02038\ m^3$$

y el contenido de agua de mezclado fue de 1.78 kg (añadida) + 0.50 (en el agregado grueso) + 0.70 (en el agregado fino) = 2.98 kg, la cantidad de agua de mezclado que se necesita para un metro cúbico de concreto con el mismo revenimiento de la mezcla de prueba debe ser:

$$\frac{2.98}{0.02038} = 146.2\ kg$$

El revenimiento fue satisfactorio pero, puesto que el contenido de aire se excedió en un 1.5%, se necesitará más agua para obtener el revenimiento adecuado cuando se corrija el contenido de aire. Como se indicó en el Párrafo 5.3.9.2, el agua de mezclado debe aumentarse aproximadamente en 3 kg por cada 1% de contenido de aire, por lo que se tiene $3 \times 1.5\% = 4.5\ kg$ y, de esta manera, la nueva estimación será de 151 kg/m³.

6.3.9.2. Al disminuir el agua de mezclado se requerirá menos cemento para obtener la relación agua/cemento deseada de 0.5. El nuevo contenido de cemento es de:

$$\frac{151}{0.5} = 302\ kg/m^3$$

6.3.9.3. Puesto que se encontró que el concreto estaba excedido en arena, la cantidad de agregado grueso por volumen unitario se incrementará en un 10%, a 0.74, para tratar de corregir la situación. La cantidad de agregado grueso por metro cúbico es:

$$1\ 520 \times 0.74 = 1\ 125\ kg\ (seco)$$

o

$$1\ 125 \times 1.03 = 1\ 159\ kg\ (húmedo)$$

y

$$1\ 125 \times 1.005 = 1\ 131\ kg\ (SSS^*)$$

6.3.9.4. La nueva estimación del peso del concreto con 1.5% menos de aire es:

$$\frac{2\ 272}{1 - 0.015} = 2\ 307\ kg/m^3$$

* Saturado y superficialmente seco.

Por lo tanto; el peso de la arena es:

$$2\ 307 - (151 + 302 + 1\ 131) = 723 \text{ kg (SSS)}$$

o

$$\frac{723}{1.007} = 718 \text{ kg (seca)}$$

Los pesos básicos ajustados de la mezcla por metro cúbico de concreto son:

Agua (de mezclado neta)	151 kg
Cemento	302 kg
Agregado grueso (seco)	1 125 kg
Agregado fino (seco)	718 kg

Se deberá reducir la dosificación del aditivo para obtener el contenido deseado de aire.

6.3.10. Los ajustes en las proporciones, determinados con base en el volumen absoluto, siguen el procedimiento descrito en el Párrafo 6.2.10, el cual no se repetirá en este ejemplo.

REFERENCIAS

1. Fuller, William B., y Thompson, Sanford E., "The Laws of Proportioning Concrete," *Transactions, ASCE*, V. 59, Dic. 1907, pp. 67-143.
2. Abrams, Duff A., "Design of Concrete Mixtures," *Bulletin No. 1*, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago, 1918.
3. Edwards, L. N., "Proportioning the Materials of Mortars and Concretes by Surface Areas of Aggregates," *Proceedings, ASTM*, V. 18, Part 2, 1918, p. 235.
4. Young, R. B., "Some Theoretical Studies on Proportioning Concrete by the Method of Surface Area of Aggregate," *Proceedings, ASTM*, V. 19, Part 2, 1919, p. 444.
5. Talbot, A. N., "A Proposed Method of Estimating the Density and Strength of Concrete and of Proportioning the Materials by Experimental and Analytical Consideration of the Voids in Mortar and Concrete," *Proceedings, ASTM*, V. 21, 1921, p. 940.
6. Weymouth, C. A. G., "A Study of Fine Aggregate in Freshly Mixed Mortars and Concretes," *Proceedings, ASTM*, V. 38, Part 2, 1938, pp. 354-372.
7. Dunagan, W. M., "The Application of Some of the Newer Concepts to the Design of Concrete Mixes," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 36, No. 6, Junio 1940, pp. 649-684.
8. Goldbeck, A. T., y Gray, J. E., "A Method of Proportioning Concrete for Strength, Workability, and Durability," *Bulletin No. 11*, National Crushed Stone Association, Dic. 1942, 30 pp. (Revised 1953 y 1956).
9. Swayze, M. A., and Gruenwald, E., "Concrete Mix Design—Modification of Fineness Modulus Method," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 43, No. 7, Mar. 1947, pp. 829-844.
10. Discussion of "Concrete Mix Design—A Modification of the Fineness Modulus Method" por Stanton Walker y Fred F. Bartel, *ACI JOURNAL, Proceedings*, V. 43, Part 2, Dic. 1947, pp. 844-1—844-17.
11. Henrie, James O., "Properties of Nuclear Shielding Concrete," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 56, No. 1, Jul. 1959, pp. 37-46.
12. Mather, Katharine, "High Strength, High Density Concrete," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 62, No. 8, Ag. 1965, pp. 951-960.
13. Clendenning, T. G.; Kellam, B.; y MacInnis, C., "Hydrogen Evolution from Ferrophosphorous Aggregate in Portland Cement Concrete," *ACI JOURNAL, Proceedings* V. 65, No. 12, Dic. 1968, pp. 1021-1028.
14. Propovics, Sandor, "Estimating Proportions for Structural Concrete Mixtures," *ACI JOURNAL, Proceedings*, V. 65, No. 2, Feb. 1968, pp. 143-150.
15. "Tentative Specification for Aggregates for Radiation-Shielding Concrete," (ASTM C 637), American Society for Testing and Materials, Pihladelphia.
16. Davis, H.S., "Aggregates for Radiation Shielding Concrete," *Materials Research and Standards*, V. 7, No. 11, Nov. 1967, pp. 494-501.
17. *Concrete for Nuclear Reactors*, SP-34, American Concrete Institute, Detroit, 1972, 1736 pp.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

TEMA : FABRICACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO

1996

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

III.- FABRICACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO

FABRICACION EN OBRA:

Los antecedentes del concreto hecho en obra pueden referirse hasta épocas muy antiguas, como la de los egipcios, griegos y romanos los cuales construyeron todas sus obras con argamasas elaboradas en el lugar de construcción. La razón primordial de que ocurriera lo anterior, es que todos los materiales constituyentes de estas argamasas eran transportados a la obra y conforme iban avanzando iban elaborando este material de unión.

A pesar de que el cemento fue creado varios siglos después, y el cual constituye el principal material para la elaboración del concreto, las construcciones no tuvieron un gran cambio en el proceso de fabricación del que se venía haciendo desde la antigüedad.

Esta dificultad que presenta la ahora llamada industria de la construcción está dada por todas aquellas operaciones casi artesanales que deben ser llevadas a cabo para construir una obra. Sin embargo, no debemos negar los grandes avances que se han tenido, desde los mismos procedimientos de construcción, de donde han surgido todos aquellos grandes equipos que ahora vemos en casi cada una de las obras, hasta los mismos materiales de construcción que de una u otra manera se han tratado de industrializar en su producción.

La industrialización que se hace de un producto trata de dar al consumidor ciertas ventajas que de otra manera no pueden ser obtenidas por métodos convencionales o artesanales. Estas ventajas pueden ser la rapidez -

de ejecución de la obra, la calidad de los materiales producidos industrialmente que darán a la obra terminada una calidad superior en conjunto, y la cantidad de producción de materiales que permiten la construcción de más obras y por otro lado permiten abatir costos de producción, por mencionar solo algunas ventajas.

Esta industrialización la podemos visualizar y comprender a través del análisis de productos manufacturados dentro de la industria de la construcción como son el cemento y el acero. El concreto, por otro lado, no ha sido la excepción, de ahí que haya surgido toda una industria que es la del concreto premezclado, tratando de dar todas estas características o ventajas que ya se mencionaron al tratar de producirlo en una forma industrializada.

Sin embargo, el concreto tiene ciertas características muy particulares que lo diferencian de otros materiales de construcción, que pueden ser evaluados en base a sus características principales, previamente al uso que se le vaya a dar en la obra.

Por otro lado, el desarrollo de la industria de la construcción está determinado por la misma industrialización del país; es por esto que ciertos procedimientos o materiales de construcción no se emplean en nuestro país y en otros su uso es ya común. Es por esta razón que aún en la mayoría de las obras de nuestro país se proceda a elaborar el concreto en el sitio mismo de la construcción.

El concepto anterior no es del todo objetable, siempre y cuando se produzca el concreto con los procedimientos y equipos adecuados para satisfacer las necesidades de calidad de la obra.

No es la intención de esta parte del curso la de identificar aquellos errores que comúnmente se cometen en las obras en las que se produce el concreto en el sitio, ni la de comparar los costos de producción, sino más bien la de crear una conciencia en todos aquellos que están involucrados en la producción de concreto en la obra bajo ciertos parámetros de calidad indispensables para las obras que ejecutamos en la actualidad.

Como una guía para fabricación y control de concreto en obra se adopta la publicación No. 299 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde los Ingenieros Víctor Manuel Mena Ferrer y Santiago Loera Pizarro exponen y tomamos como temas para este curso, la calidad del concreto, en donde se revisan los conceptos estadísticos que se aplican para definir la calidad del mismo, con objeto de que el constructor interprete debidamente los requisitos del proyectista; las causas frecuentes de variación en la calidad del concreto; los medios para manejar los materiales y producir concreto en las obras; así como las normas y métodos de prueba para verificar adecuadamente la calidad de los materiales y del concreto producido.



GUIA PARA FABRICACION Y CONTROL DE CONCRETO EN OBRAS PEQUEÑAS

**VICTOR MANUEL MENA F
SANTIAGO LOERA P**

**PATROCINADO POR
CAMARA NACIONAL DE LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION**

MARZO 1972 299

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

III.- FABRICACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO

FABRICACION EN OBRA:

Los antecedentes del concreto hecho en obra pueden referirse hasta épocas muy antiguas, como la de los egipcios, griegos y romanos los cuales construyeron todas sus obras con argamasas elaboradas en el lugar de construcción. La razón primordial de que ocurriera lo anterior, es que todos los materiales constituyentes de estas argamasas eran transportados a la obra y conforme iban avanzando iban elaborando este material de unión.

A pesar de que el cemento fue creado varios siglos después, y el cual constituye el principal material para la elaboración del concreto, las construcciones no tuvieron un gran cambio en el proceso de fabricación del que se venía haciendo desde la antigüedad.

Esta dificultad que presenta la ahora llamada industria de la construcción está dada por todas aquellas operaciones casi artesanales que deben ser llevadas a cabo para construir una obra. Sin embargo, no debemos negar los grandes avances que se han tenido, desde los mismos procedimientos de construcción, de donde han surgido todos aquellos grandes equipos que ahora vemos en casi cada una de las obras, hasta los mismos materiales de construcción que de una u otra manera se han tratado de industrializar en su producción.

La industrialización que se hace de un producto trata de dar al consumidor ciertas ventajas que de otra manera no pueden ser obtenidas por métodos convencionales o artesanales. Estas ventajas pueden ser la rapidez -

de ejecución de la obra, la calidad de los materiales producidos industrialmente que darán a la obra terminada una calidad superior en conjunto, y la cantidad de producción de materiales que permiten la construcción de más obras y por otro lado permiten abatir costos de producción, por mencionar solo algunas ventajas.

Esta industrialización la podemos visualizar y comprender a través del análisis de productos manufacturados dentro de la industria de la construcción como son el cemento y el acero. El concreto, por otro lado, no ha sido la excepción, de ahí que haya surgido toda una industria que es la del concreto premezclado, tratando de dar todas estas características o ventajas que ya se mencionaron al tratar de producirlo en una forma industrializada.

Sin embargo, el concreto tiene ciertas características muy particulares que lo diferencian de otros materiales de construcción, que pueden ser evaluados en base a sus características principales, previamente al uso que se le vaya a dar en la obra.

Por otro lado, el desarrollo de la industria de la construcción está determinado por la misma industrialización del país; es por esto que ciertos procedimientos o materiales de construcción no se emplean en nuestro país y en otros su uso es ya común. Es por esta razón que aún en la mayoría de las obras de nuestro país se proceda a elaborar el concreto en el sitio mismo de la construcción.

El concepto anterior no es del todo objetable, siempre y cuando se produzca el concreto con los procedimientos y equipos adecuados para satisfacer las necesidades de calidad de la obra.

No es la intención de esta parte del curso la de identificar aquellos errores que comúnmente se cometen en las obras en las que se produce el concreto en el sitio, ni la de comparar los costos de producción, sino más bien la de crear una conciencia en todos aquellos que están involucrados en la producción de concreto en la obra bajo ciertos parámetros de calidad indispensables para las obras que ejecutamos en la actualidad.

Como una guía para fabricación y control de concreto en obra se adopta la publicación No. 299 del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde los Ingenieros Víctor Manuel Mena Ferrer y Santiago Loera Pizarro exponen y tomamos como temas para este curso, la calidad del concreto, en donde se revisan los conceptos estadísticos que se aplican para definir la calidad del mismo, con objeto de que el constructor interprete debidamente los requisitos del proyectista; las causas frecuentes de variación en la calidad del concreto; los medios para manejar los materiales y producir concreto en las obras; así como las normas y métodos de prueba para verificar adecuadamente la calidad de los materiales y del concreto producido.



GUIA PARA FABRICACION Y CONTROL DE CONCRETO EN OBRAS PEQUEÑAS

**VICTOR MANUEL MENA F
SANTIAGO LOERA P**

**PATROCINADO POR
CAMARA NACIONAL DE LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION**

MARZO 1972 299

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

GUIA PARA FABRICACION Y CONTROL DE CONCRETO EN OBRAS PEQUEÑAS

VICTOR MANUEL MENA F *
SANTIAGO LOERA P *

*** PROFESORES INVESTIGADORES, FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM**

RESUMEN

1.	CALIDAD DEL CONCRETO	1
1.1	<u>Aspectos generales</u>	1
1.2	<u>Consideraciones estadísticas</u>	6
1.3	<u>Aplicación de conceptos estadísticos</u>	8
1.4	<u>Referencias</u>	10
	TABLAS	11
	FIGURAS	13
2.	CAUSAS FRECUENTES DE VARIACION EN LA CALIDAD DEL CONCRETO	19
2.1	<u>Falta de control de la consistencia del concreto</u>	21
2.2	<u>Falta de precisión en la dosificación del agua</u>	22
2.3	<u>Falta de control de la humedad de los agregados</u>	23
2.4	<u>Falta de control de la granulometría de los agregados</u>	24
2.5	<u>Falta de precisión en la dosificación de los agregados</u>	26
2.6	<u>Referencias</u>	28
	FIGURAS	31
3.	MEDIOS PARA INFLUIR EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO	39
3.1	<u>Selección de componentes</u>	39
3.2	<u>Proporcionamiento de componentes</u>	53
	TABLAS	61
	FIGURAS	65

4.	PRODUCCION DE CONCRETO	67
4.1	<u>Acopio de materiales</u>	67
4.2	<u>Dosificación de materiales</u>	73
4.3	<u>Mezclado, transporte y colocación</u>	80
4.4	<u>Acomodo, acabado y curado</u>	90
4.5	<u>Referencias</u>	98
	TABLAS	99
	FIGURAS	101
5.	INSPECCION Y VERIFICACION DEL CONCRETO	103
5.1	<u>Alcances y limitaciones</u>	103
5.2	<u>Ubicación de la supervisión en la obra</u>	104
5.3	<u>Funciones de la inspección de concreto</u>	106
5.4	<u>La verificación como auxiliar del control de calidad</u>	108
5.5	<u>Plan de muestreo para verificar resistencias</u>	119
5.6	<u>Análisis gráfico de resistencias</u>	122
5.7	<u>Referencias</u>	125
	TABLAS	127
	FIGURAS	129
6.	NORMAS Y METODOS DE PRUEBA	137
6.1	<u>Normas</u>	137
6.2	<u>Métodos de prueba</u>	143
6.3	<u>Referencias</u>	171
	TABLAS	172

ABSTRACT

Statistical concepts used for defining the quality of concrete are reviewed, with the purpose of providing the builder with a clear understanding of the designer's requirements. Main causes of concrete quality variations are examined and several means to improve uniformity are described. A simple procedure to determine concrete proportions and recommended practices to make concrete in small jobs, are given. Scope and purpose of tests to verify concrete strength are discussed; a sampling plan for small jobs, based on statistical concepts, is presented. A summary of various materials and concrete specifications and methods of test is included.

RESUMEN

Se revisan los conceptos estadísticos que se aplican para definir la calidad del concreto, con objeto de que el constructor interprete debidamente los requisitos del proyectista. Se examinan las principales causas que producen variaciones en la calidad del concreto durante su elaboración y las medidas que pueden ponerse en práctica para hacerlo más uniforme. Se presenta un procedimiento sencillo para diseñar mezclas de concreto, por medio de tablas, con aproximación adecuada a las necesidades de las obras pequeñas. Se dan recomendaciones para manejar los materiales y producir el concreto en esas obras. Se discuten el alcance y finalidad de los ensayos para verificar la calidad del concreto, incluyéndose un plan reducido de muestreo con base en conceptos estadísticos. Se presentan resúmenes de normas de calidad y métodos de prueba para los materiales y el concreto.

1. CALIDAD DEL CONCRETO

1.1 Aspectos generales

Cuando se requiere usar concreto, la calidad que se especifica es independiente de las dimensiones de la obra, pues depende fundamentalmente de las características de la estructura que se construye y de las condiciones de exposición y servicio en que debe cumplir su cometido. Esto significa que no existe justificación técnica para dedicar menos cuidados a la fabricación del concreto en las obras menores, como suele ocurrir,

~~por el solo hecho de tratarse de volúmenes de menor cuantía.~~

Para establecer la calidad de un material que, como el concreto, es el resultado de la combinación de varios otros cuya propia calidad varía, es necesario considerar una gradación de valores que a su vez puede referirse a un valor o nivel característico, cuya expresión más común es el promedio. Por ello, cuando se menciona el nivel de calidad de un cierto volumen de concreto, indebidamente se hace referencia única a su valor promedio, que para un producto sujeto a fluctuaciones aleatorias debe hallarse situado a la mitad del intervalo de variación, aproximadamente.

Un medio más aproximado para establecer el nivel de calidad del conjunto de concreto con el que se construye una estructura o una obra, consiste en definir su valor promedio y su intervalo de variación. En la fig 1.1 se comparan esquemáticamente diversos conjuntos de valores con diferentes promedios e intervalos de variación, donde cada uno podría tomarse como ejemplo del grupo de resultados obtenidos al comprobar la calidad del concreto empleado para construir diferentes obras o estructuras, bajo circunstancias distintas. Se observa que, si existe un límite para señalar la calidad inferior, la forma indicada de superarlo es con un promedio adecuado y un intervalo reducido (categoría A); de lo contrario, pueden resultar objetables diversas porciones de los conjuntos (categorías B, C y D).

Considerando el tema bajo otro aspecto, es notoria la necesidad de establecer la característica o propiedad del concreto a que se hace referencia cuando se menciona su calidad. Para estar acordes con el motivo por el que se construye una estructura o una obra, debe entenderse que al juzgar la calidad, se enjuicia la característica o propiedad cuyo valor influye más en el cumplimiento de la función básica de la misma. Sea, por ejemplo, la impermeabilidad en el caso de un tanque, la resistencia mecánica en el de un puente o la resistencia a la erosión en el de un vertedor.

Para facilidad de quien construye y de quien supervisa, muchas de las características y propiedades del concreto pueden relacionarse con pruebas índices de calidad, siendo la más usual la que determina su resistencia a compresión simple y, con menos frecuencia, a tensión por flexión (caso de pavimentos de concreto hidráulico).

Frecuentemente, y en desacuerdo con el proceso como se llega a la obtención del producto, la calidad del concreto se especifica en función de un valor único, llámese resistencia de proyecto a compresión (f'_c)

o módulo de rotura por flexión (M_R). En no pocas ocasiones el constructor ha confundido este valor con el promedio que el proyectista supuso al efectuar el diseño estructural.

M_R y f'_c nunca corresponden al valor promedio que se requiere obtener al producir el concreto; tampoco conviene referirlos al límite inferior del intervalo de variación, como es el propósito de quienes, anti-económicamente, establecen especificaciones demasiado rígidas sobre la base de resistencia mínima absoluta. En la práctica más sensata, a la que se tiende normalmente, el valor de la llamada resistencia de proyecto debe ubicarse entre el valor promedio y el límite inferior del intervalo de variación, en una posición tal que, procurando evitar los valores objetables, se limite también la porción del conjunto cuya calidad resulte más baja que la definida por ella. Esto significa que, una vez determinado el valor de la resistencia de proyecto, existen dos medios teóricos posibles para mantener dicha porción dentro de límites convenientes: 1) reduciendo el intervalo de variación; 2) subiendo la posición del valor promedio, lo cual se muestra esquemáticamente en la fig 1.2.

Reducir el intervalo de variación significa hacer más uniforme la calidad del concreto. Para elevar la posición del promedio normalmente se requiere incrementar el contenido unitario de cemento (y/o reducir el de agua). Aunque ambas medidas tienen como propósito mejorar la calidad del concreto, la reducción del intervalo es más técnica y digna de intentarse, si bien con frecuencia requiere complementarse con la segunda.

Es en este aspecto donde suele presentarse lo que distingue el modo de operar en obras mayores y menores. En las primeras, debido a que el volumen de concreto por producir lo justifica, se controla la calidad de los ingredientes (cemento, agua, agregados, aditivos), se dispone de equipos precisos para dosificarlos y se comprueba frecuentemente la calidad

del producto para hacer los ajustes que procedan, todo lo cual tiende a mejorar la uniformidad del concreto, es decir, conduce a reducir su intervalo de variación. Por lo contrario, conforme la obra y el volumen de concreto son menores, tiende a disminuir la atención prestada a las medidas de control y se dispone de equipos cada vez menos precisos, con lo que se deben esperar resultados opuestos en cuanto a la uniformidad del concreto producido.

De acuerdo con dicha situación, a medida que la obra sea menor deberá aumentar el valor de la resistencia promedio que se requerirá obtener para producir concreto de una cierta calidad (definida por su resistencia de proyecto). Como la magnitud de la resistencia promedio requerida es el dato que debe considerarse para diseñar la mezcla, esta situación frecuentemente se traduce en la necesidad de incrementar el contenido de cemento en estas obras. En la fig 1.3 se muestra gráficamente lo indicado, para conservar constante la proporción de resultados menores que la resistencia de proyecto. Proporción que, junto con el promedio y el intervalo de variación, son los tres datos necesarios para definir completamente el nivel de calidad de un conjunto de concreto. De estos, el intervalo de variación es una característica propia de cada obra, pues depende de los medios de que en ella se dispone para reproducir consecutivamente, con la mayor fidelidad posible, la mezcla diseñada.

Los otros datos, proporción de resultados menores que f'_c y promedio que se requiere obtener para que no ocurra porción de calidad objetable, deben ser aportados por el proyectista en la estructura y el responsable de diseñar la mezcla, respectivamente. El procedimiento normal es como sigue:

a) El proyectista de la estructura la dimensiona de acuerdo con hipótesis de cálculo que presuponen una cierta resistencia y un cierto compor

tamiento del concreto sometido a esfuerzos. De acuerdo con ello, considera un factor de seguridad que debe depender de las condiciones de operación de la estructura y para cuyo cumplimiento se requiere limitar la posibilidad de que se produzcan resistencias demasiado bajas en el concreto con que se construya. Esto lo obliga a definir la máxima proporción de resultados de resistencia que pueden permitirse por debajo del valor de la resistencia de proyecto, o bien, a establecer un valor de resistencia mínima permisible.

b) El encargado de estudiar las proporciones en que deben combinarse los materiales para producir la mezcla de concreto especificada por el proyectista, necesita definir primero el promedio que se requiere obtener, de modo que el límite inferior del intervalo de variación probable resulte lo más cercano posible al valor de la resistencia mínima permisible, para que al elaborar el concreto no se produzca una porción de baja calidad objetable. Para ello, necesita conocer el intervalo de variación probable, pero como esta es una característica propia de la obra, frecuentemente requiere suponerlo antes de iniciar la construcción, según los materiales, personal, equipos y procedimientos de que disponga el constructor. Una vez estimada la resistencia promedio requerida (f_{cr}), debe hacer las consideraciones pertinentes para diseñar una mezcla de concreto que la obtenga, al cabo de 28 días, en condiciones normales de prueba.

c) El constructor elabora revolturas de concreto que en teoría son réplica de la mezcla diseñada. La aproximación con que se obtenga la resistencia prevista debe depender de lo justo del proporcionamiento recomendado, de los medios de que se disponga para controlarlo y reproducirlo, y de algunas condiciones propias de la obra, como la temperatura ambiente. Si todas las variaciones son producto de causas fortuitas, pueda esperarse que resultados sucesivos sean alternativamente mayores y menores que el promedio, de modo que resulten distribuidos con cierta simetría, quedando este

ubicado al centro del intervalo de variación, aproximadamente. Una vez conocidos el promedio y el intervalo, y siendo simétrica la distribución de resultados, puede procederse a efectuar los ajustes necesarios al proporcionamiento, para apearse a las condiciones reales que prevalezcan en la obra. Si los resultados no guardan simetría respecto al promedio, debe localizarse la causa (en este caso no fortuita) antes de intentar cualquier ajuste.

1.2 Consideraciones estadísticas

Al representarse gráficamente las frecuencias con que ocurren los resultados de resistencia de un cierto volumen de concreto muestreado, si el conjunto de valores es suficientemente numeroso y las variaciones obedecen a causas fortuitas, debe obtenerse un diagrama de barras como el indicado en la fig 1.4, cuya ley de variación es asimilable a la de la curva sobrepuesta, que representa la llamada distribución normal de frecuencias.

Como el área bajo esta curva representa el total de resultados que integran el conjunto de valores observados, la forma que adopta es indicativa de la dispersión del conjunto. Una curva que se estrecha pronunciadamente en el sentido de su eje de simetría corresponde a un conjunto de baja dispersión, puesto que es mayor la proporción de resultados que se hallan próximos al promedio, y viceversa.

Cuando se pretende abarcar todos los casos posibles (el universo de valores) hay que considerar las ramas de la curva como asíntotas al eje de las magnitudes, es decir, no se puede acotar un intervalo de variación. Para el caso del concreto, sí es posible definir un intervalo de variación, comprendido entre las resistencias mínima y máxima que son factibles de obtenerse. La amplitud de este intervalo acostumbra expresarse en función de la desviación estándar, que es el radio de giro del área bajo la curva respecto al eje de simetría, y cuya expresión es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

siendo:

- \bar{X} valor del promedio de todas las resistencias
- x_i valores individuales de resistencia ($i = 1, 2 \dots n$)
- n número de valores que integran el conjunto

Por características propias de la ley de variación definida por la curva de distribución normal, resulta que dentro de un intervalo igual a $\bar{X} \pm \sigma$ se encuentra comprendido el 68.3 por ciento de los valores, dentro de $\bar{X} \pm 2 \sigma$ el 95.4 por ciento y dentro de $\bar{X} \pm 3 \sigma$ el 99.7 por ciento, aproximadamente. Para fines prácticos, suele considerarse que en este último intervalo resulta comprendida la totalidad de los valores razonablemente posibles, dada la baja probabilidad (0.1 por ciento) de que ocurran eventos fuera de él, en uno u otro sentido. De tal forma, para definir el valor mínimo probable que puede esperarse en determinadas condiciones de dispersión, habrá que restar la cantidad 3σ al valor promedio. En ocasiones, a fin de formular especificaciones de resistencia para el concreto, se es menos rígido al establecer el valor de resistencia mínima probable, ubicándolo a una distancia igual a 2σ por debajo del promedio, debiendo entenderse que así aumenta a 2.3 por ciento la probabilidad de que ocurran eventos de magnitud inferior a ese mínimo probable.

Aun cuando la desviación estándar (σ) es suficiente para dar medida de la dispersión de un conjunto de valores con distribución normal, a fin de comparar distintos conjuntos situados aproximadamente en el mismo nivel en la escala de magnitudes, se hace uso del concepto de coeficiente de variación, cuya expresión es la siguiente:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

Según esta, el coeficiente de variación es directamente proporcional a la desviación estándar e inversamente al valor promedio, es decir, para conjuntos con igual dispersión el coeficiente de variación aumenta al disminuir el promedio, y para igual promedio, aumenta al incrementarse la dispersión. Por esta razón, más bien es de utilidad para comparar la dispersión de concretos proyectados para el mismo nivel de calidad, hechos en diferentes obras. Conforme a una práctica común en el medio local (ref 1.1), la dispersión de las resistencias del concreto se expresa en función del coeficiente de variación y este se califica (ref 1.2) como se indica en la tabla 1.1. A juzgar por esta escala, los coeficientes de variación medios aproximados para las condiciones locales que tal vez son más frecuentes, son así:

Obras mayores, $V = 15$ por ciento

Obras menores, $V = 25$ por ciento

1.3 Aplicación de conceptos estadísticos

Conforme lo señalado en el inciso a) de 1.1, el proyectista de las estructuras debe definir, además de la resistencia de proyecto del concreto, la proporción máxima de resultados de resistencia que es permiisible sean inferiores a la de proyecto, o bien el valor de la resistencia mínima que puede permitirse sin poner en peligro la estabilidad o durabilidad de las propias estructuras.

En este aspecto es frecuente la adopción de los criterios de diseño recomendados por el ACI*, que en la actualidad pueden resumirse así:

a) El Comité ACI-214 (ref 1.2) previene la distinción de dos clases de concreto. Clase 1, para concreto estructural diseñado por esfuerco

* American Concrete Institute

tener, al diseñar las mezclas de concreto, tomando en cuenta, por una parte, las consideraciones de cálculo hechas por el proyectista de las estructuras y, por la otra, la dispersión que es probable obtener al fabricar el concreto, según los materiales, personal, equipos y procedimientos de que disponga y haga uso el constructor de la obra. Conviene observar lo elevado que resultan las resistencias necesarias para cumplir con la calidad requerida cuando las dispersiones son mayores, según ocurre en obras mal controladas, con equipos y procedimientos inadecuados.

1.4 Referencias

- 1.1 "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", Departamento del Distrito Federal (1966)
- 1.2 "Recommended Practice for Evaluation of Compression Tests Results of Field Concrete", American Concrete Institute, Committee 214 (1965)
- 1.3 "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", Journal American Concrete Institute, Committee 318 (feb 1970)

zos de ruptura (diseño plástico) con una resistencia promedio requerida (f_{cr}) seleccionada para que solo uno de cada diez resultados pueda ser menor que la resistencia de proyecto, es decir, limitando a un máximo de 10 por ciento los valores inferiores a f'_c . Clase 2, para concreto estructural diseñado por esfuerzos de trabajo (diseño elástico), en que se aumenta a 20 por ciento la proporción permisible de valores inferiores a f'_c .

b) El Comité ACI-318 (ref 1.3) establece un criterio único para juzgar todo concreto estructural. Considera que el nivel de resistencia del concreto es satisfactorio si ningún resultado individual es inferior al valor de f'_c disminuido en 35 kg/cm^2 , esto es, define una resistencia mínima permisible igual a $f'_c - 35 \text{ kg/cm}^2$, que es independiente del nivel de la resistencia de proyecto.

El criterio del Comité 214 presupone calificar la dispersión del concreto en términos principalmente del coeficiente de variación, en tanto que el Comité 318 lo hace conforme a la desviación estándar. Considerando que todavía existe mayor costumbre de juzgar la dispersión del concreto según el coeficiente de variación, y definir el nivel de calidad en función de la máxima proporción de resistencias que se permite sean menores que f'_c , en la fig 1.5 se adaptan los dos criterios a la misma forma de juicio a fin de compararlos sobre la misma base, en un caso determinado. Se observa que, con igual coeficiente de variación, es mayor la resistencia promedio que se necesita para cumplir con los requisitos del Comité 318.

En la tabla 1.2 se resumen los valores de la resistencia promedio requerida (f_{cr}), para diferentes resistencias de proyecto (f'_c) y coeficientes de variación (V), aplicando los criterios de los Comités 214 y 318. Estos valores son los que deben considerarse como promedios por ob

TADLA 1.1 COEFICIENTE DE VARIACION Y GRADO DE UNIFORMIDAD QUE PUEDE ESPERARSE EN EL CONCRETO, BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE PRODUCCION

Coeficiente de variación de las resistencias, en porcentaje	Calificación del grado de uniformidad del concreto	Condiciones frecuentes en que se obtiene, para concreto hecho en obra
0-5	Excelente	Condiciones de laboratorio
5-10	Muy bueno	Preciso control de los materiales y dosificaciones por peso
10-15	Bueno	Buen control de los materiales y dosificaciones por peso
15-20	Mediano	Algún control de los materiales y dosificaciones por peso
20-25	Malo	Algún control de los materiales y dosificaciones por volumen
> 25	Muy malo	Ningún control de los materiales y dosificaciones por volumen

TABLA 1.2 RESISTENCIAS PROMEDIO REQUERIDAS PARA CUMPLIR CON EL NIVEL DE CALIDAD RECOMENDADO POR LOS COMITES ACI-214 Y 318, PARA CONCRETOS DE VARIAS RESISTENCIAS DE PROYECTO, HECHOS EN DIVERSAS CONDICIONES DE UNIFORMIDAD

Resistencia de proyecto, f'_c , en kg/cm^2	Coeficientes de variación, V, en porcentaje														
	5			10			15			20			25		
	Resistencias promedio requeridas, en kg/cm^2 , según Comités ACI-214 y 318														
	ACI-318	ACI-214		ACI-318	ACI-214		ACI-318	ACI-214		ACI-318	ACI-214		ACI-318	ACI-214	
	Clase 1	Clase 2		Clase 1	Clase 2		Clase 1	Clase 2		Clase 1	Clase 2		Clase 1	Clase 2	
150	161	161	156	173	173	164	188	186	171	215	201	180	274	221	191
200	214	214	208	231	230	218	253	248	228	308	268	240	394	294	254
250	268	267	261	289	287	273	329	310	286	401	336	301	512	368	317
300	321	320	313	347	344	328	406	371	344	495	404	361	632	442	380
350	375	374	365	410	401	382	483	433	401	590	471	421	750	515	443
400	429	427	418	475	459	437	560	495	458	682	538	481	873	589	507

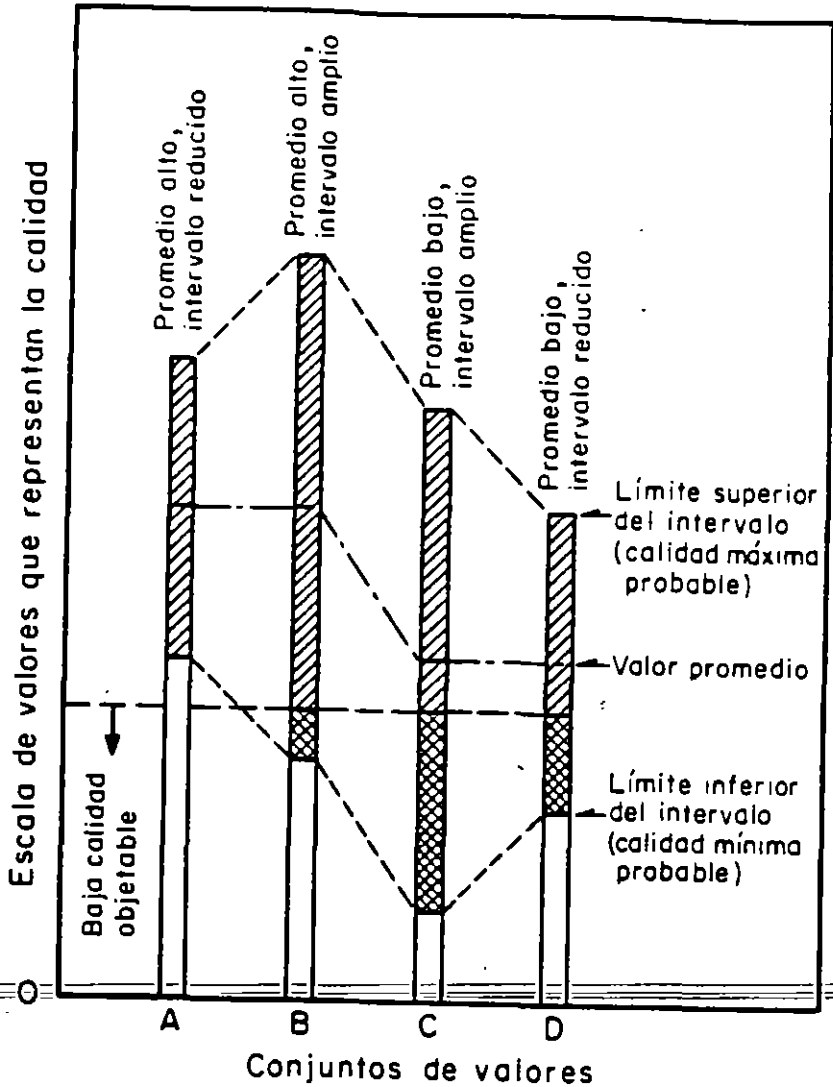


Fig 1.1. La categoría de un conjunto de valores puede ser definida por su promedio e intervalo de variación

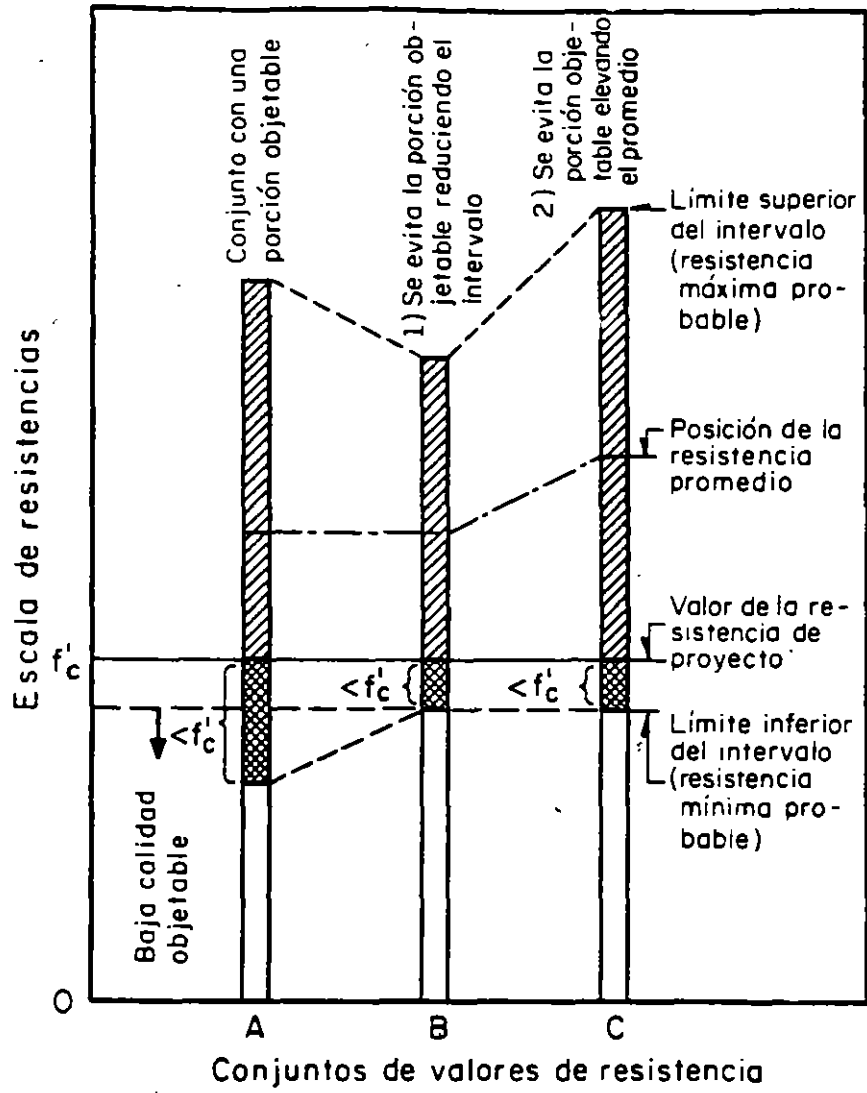


Fig 1.2. Hay dos medios disponibles para evitar que ocurra baja calidad objetable al producir concreto

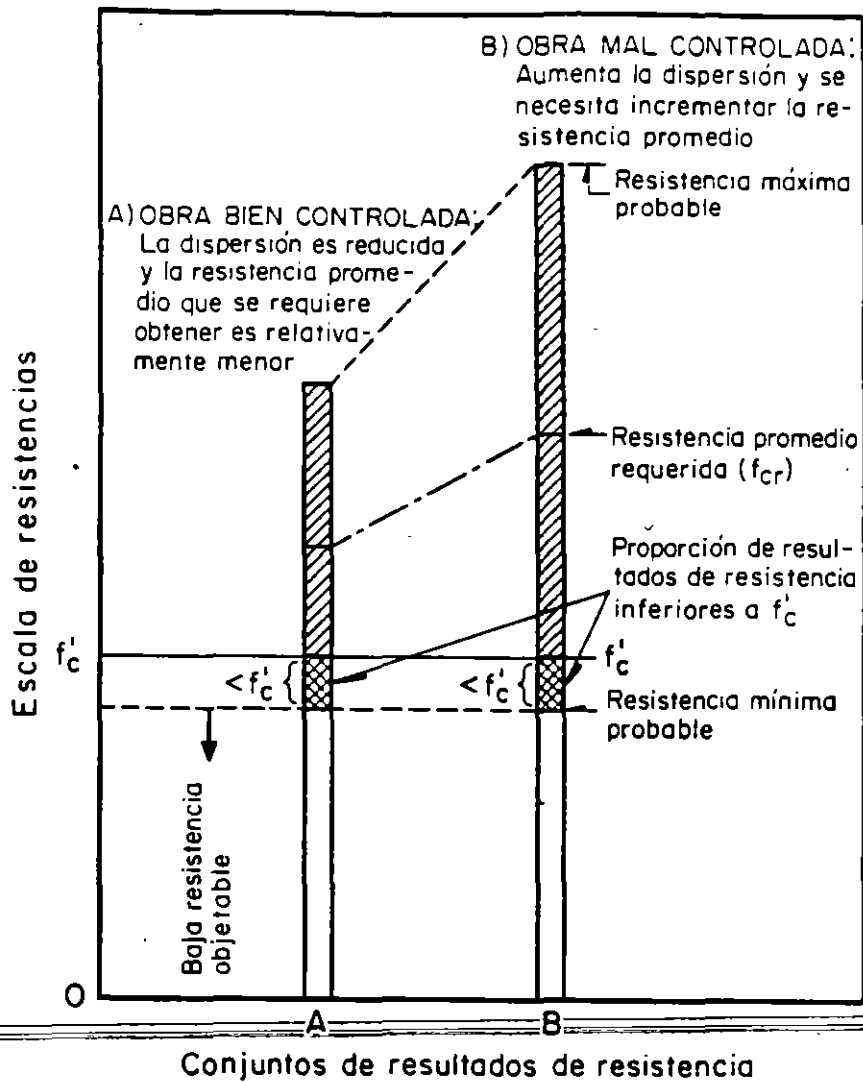


Fig 1.3. Para conservar el mismo nivel de calidad en el concreto, es necesario incrementar la resistencia promedio en obras donde la dispersión de los resultados es mayor

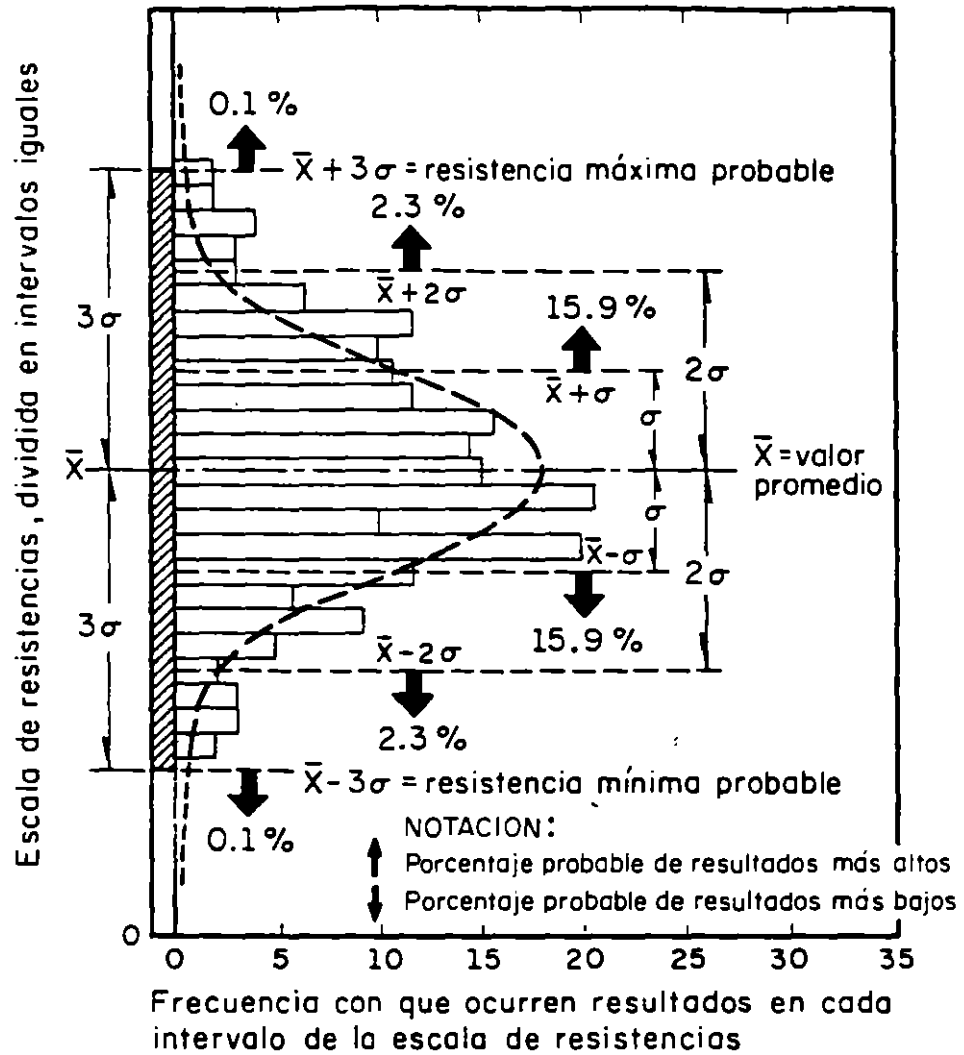


Fig 1.4. Distribución de frecuencias de resultados de resistencia en un conjunto numeroso, cuando sus variaciones son atribuibles a causas fortuitas

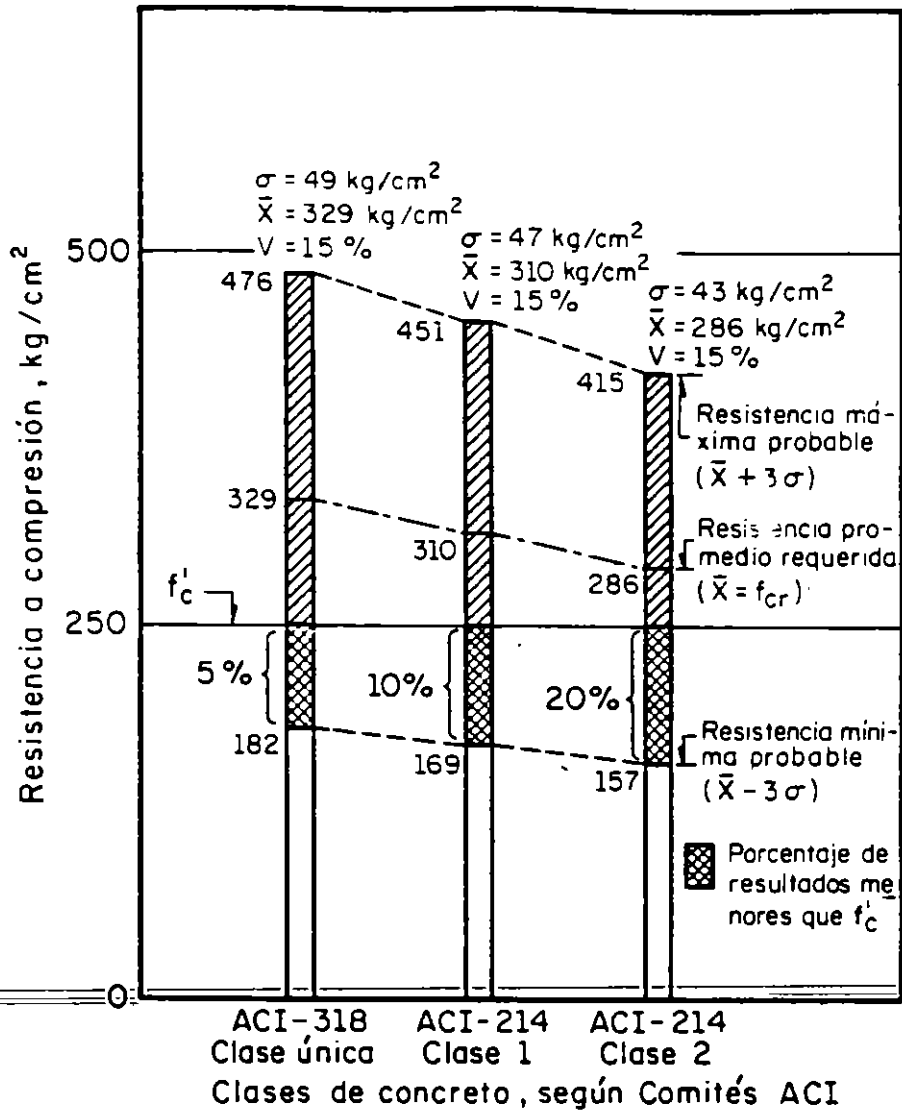


Fig 1.5. Para un mismo coeficiente de variación de resistencias, el concreto de mejor clase requiere mayor resistencia promedio

2. CAUSAS FRECUENTES DE VARIACION EN LA CALIDAD DEL CONCRETO

El concreto normalmente se produce mediante la combinación y mezcla, en cantidades predeterminadas, de tres ingredientes básicos: cemento, agua y agregados minerales. Eventualmente se le incorporan materiales adicionales (aditivos) que también constituyen ingredientes de carácter básico.

La calidad del producto (concreto) deberá resultar, entonces, en función de la calidad particular de cada uno de sus ingredien

tes y de las cantidades en que se les administre. Esta simple dependen
cia define los alcances que debe tener el control de calidad de producción de concreto, hasta el momento en que se mezcla. Si en un caso determina
do se dispone de ingredientes de buena calidad y se les combina en propor
ción adecuada, el producto que se elabore deberá poseer las propiedades que sean correlativas. Si, además, se dispone de medios para asegurar
que la buena calidad de los ingredientes y sus proporciones relativas se conserven dentro de ciertos límites de uniformidad, el volumen total de

producto que se elabore en el curso de cualquier lapso también deberá manifestar propiedades acotadas dentro de otros ciertos límites.

En las obras en que se emplean grandes volúmenes de concreto, el monto de la inversión normalmente justifica y alienta que se hagan erogaciones para controlar la calidad de cada uno de los ingredientes y para que se utilicen equipos que propicien su uniformidad y la de las cantidades que deben dosificarse en cada revoltura.

En las obras menores, en que aparentemente no existe esta justificación, suelen hacerse concesiones en lo que se refiere a control de calidad de los ingredientes y a características de precisión de los equipos. Para que tales concesiones no lleguen a afectar aspectos decisivos de la calidad del concreto, es conveniente señalar su trascendencia, a fin de evitarlas.

En la fig 2.1 se muestra esquemáticamente la estructura característica del concreto endurecido a diferentes escalas. El concreto a escala natural se observa formado por partículas de agregado grueso envueltas en mortero, pero a su vez este constituye un verdadero miniconcreto compuesto de partículas de agregado fino envueltas en pasta de cemento. Una visión de la pasta, ampliada suficientemente, la mostraría constituida de partículas de cemento en proceso de hidratación, geles de cemento productos de este proceso y poros capilares. La resistencia propia del gel es un valor característico que varía relativamente poco con los cambios de composición que son usuales en el cemento portland. De esta manera, la resistencia de la pasta depende básicamente de su concentración de geles por espacio unitario, es decir, de su proporción de poros capilares. Entre los factores que determinan el valor final de esta proporción, el principal es el contenido unitario de agua en la pasta: a medida que el agua aumenta, los poros se incrementan y, consecuentemente, la resistencia de la pasta disminuye.

En la fig 2.2a se indica el tipo de relación que existe entre la resistencia a compresión y la fracción que representan los geles de cemento dentro del espacio disponible (ref 2.1). La fig 2.2b representa a su vez el efecto que tiene el contenido unitario de agua de la pasta (expresado como relación agua/cemento) sobre su proporción de poros y su resistencia a compresión (ref 2.2).

La fig 2.3 pone de manifiesto cómo la influencia de la relación agua/cemento se extiende a diversas propiedades del concreto, actuando de modo semejante que sobre la resistencia de la pasta (refs 2.3 a 2.5).

Esto hace considerar que si los ingredientes del concreto son de calidad y características normales, las propiedades del producto son influidas principalmente por las de la pasta, y estas, a su vez, por las proporciones en que se combinan el cemento y el agua.

Aun suponiendo que en todas las obras, por reducido que sea el volumen de concreto a producir, se hicieran las consideraciones necesarias para definir en cada caso el valor adecuado de la relación agua/cemento, esto no dejaría de representar una situación teórica, dado que no siempre se provean los medios para asegurar que se respete.

~~Como muchas de las concesiones que se hacen en las obras~~
menores son en detrimento de este aspecto y, obviamente, de la calidad del concreto, conviene señalar las que de modo más notable propician variaciones en el contenido unitario de agua de mezclado y en la relación agua/cemento.

2.1 Falta de control de la consistencia del concreto

Los cambios imprevistos de la consistencia de las mezclas de concreto durante la producción pueden ser atribuibles, con mayor frecuencia, a variaciones en el contenido unitario de agua. El control de la con

sistencia se realiza obteniendo muestras continuamente para determinarles dicha característica mediante sencillas pruebas de campo, como la del revenimiento. Este es solo uno de los medios que se aplican en las obras importantes para controlar la calidad del concreto. Con mayor razón debe ser una práctica corriente en las obras menores, donde la consistencia de las mezclas es más variable y frecuentemente se ajusta por simple apreciación del operador de la revoladora. Mediante la ejecución de la prueba de revenimiento, en una de cada cinco revolturas, por lo menos, es posible configurar la variabilidad de la consistencia e ir la regulando sucesivamente por medio de ajustes a la dosificación del agua. Se dice que la consistencia es aceptablemente uniforme cuando el intervalo de variación de los revenimientos no excede de la mitad del valor del revenimiento medio.

2.2 Falta de precisión en la dosificación del agua

De los ingredientes del concreto, el agua es el que manifiesta menos variaciones cuando se le dosifica por peso o volumen. No obstante esa facilidad, paradójicamente, es el que suele dosificarse con menos precisión. Asimismo, tal vez por ser el más económico, es el ingrediente más prodigado: si la mezcla se observa seca se acostumbra fluidizarla adicionando agua, pero si se le observa fluida se le deja y utiliza así. Para reducir las fluctuaciones en el contenido unitario de agua, debidas a mala dosificación, esta debe efectuarse por un medio que asegure aproximación de 1 por ciento, lo cual, en obras menores, puede lograrse mediante un depósito vertical de forma cilíndrica, provisto de un dispositivo de sifón que solamente permita extraer la cantidad de agua prefijada, o bien, mediante un tanque de operación manual como el mostrado en la fig 2.4 (ref 2.6). Si en un momento dado, después de añadir dicha cantidad, la consistencia de la mezcla cambia de una a otra revoltura y se observa seca, puede ajustarse adicionando agua y cemento en proporciones adecuadas para con

servar constante la relación agua/cemento. Si por lo contrario se observa fluida, el ajuste permisible consiste en adicionarle agregados y cemento en proporciones adecuadas para que no se altere la relación agregado/cemento que corresponde al proporcionamiento empleado. Para las mezclas que deban elaborarse a continuación conviene proceder así: si la mezcla precedente resultó fluida, debe disminuirse la cantidad total de agua por dosificar, ajustando el dispositivo de medición; si resultó seca, debe reducirse la cantidad total de agregados por dosificar. En ambos casos, la cantidad de cemento por revoltura debe permanecer invariable, lo cual representa una ventaja cuando se le dosifica por sacos.

2.3 Falta de control de la humedad de los agregados

Los cambios en el contenido de humedad de los agregados pueden derivar de variaciones atmosféricas, condiciones de humedad en que se les obtenga y lapso que transcurra entre su obtención y empleo. Así, es frecuente que se manifiesten variaciones notables, aun en el desarrollo de un mismo colado.

Debe recordarse que las cantidades de agregados por revoltura, con frecuencia se basan en aquella condición teórica de humedad que se define como "saturada y superficialmente seca", y en la cual no toman ni ceden agua. Esto, con objeto de poder definir con precisión el valor justo de la relación agua/cemento, puesto que no se considera que el agua de saturación (ubicada en el interior de los agregados) participe en la hidratación del cemento.

Como en la práctica los agregados no se encuentran en esa condición de humedad, es necesario ajustar la cantidad efectiva de agua en función de su humedad real: si se encuentran secos (subsaturados) hay que incrementar el agua, y si están húmedos (sobresaturados) hay que reducirla.

Obviamente, la falta de control en este aspecto debe representar variaciones alternativas en el contenido de agua del concreto, según que los agregados se tornen secos o húmedos, pero, conforme a lo señalado en 2.2, lo que frecuentemente ocurre es que si el cambio los vuelve más secos la mezcla resulta dura y se le ajusta añadiéndole agua, mientras que si el cambio es a ser más húmedos, la mezcla resulta fluida y así se le deja y utiliza. En estas condiciones, la tendencia deja de ser ambidireccional, y sus efectos repercuten en un solo sentido: el de disminuir la resistencia del concreto.

Entre las medidas que se ponen en práctica para controlar la calidad del concreto en obra, ocupa un lugar destacado la corrección al proporcionamiento por concepto del cambio de humedad en los agregados. El procedimiento es sencillo: se toman muestras de los agregados y se les determina su contenido de humedad, secándolos a 100 °C; si resultan subsaturados, la cantidad de agua que pueden absorber se adiciona al agua de mezclado y se resta de los agregados que deben dosificarse; si resultan sobresaturados, se procede a la inversa. En las obras más chicas, donde no existen las facilidades necesarias para hacer esta corrección, la deficiencia puede paliarse mediante el control de la consistencia señalado en 2.1 y los ajustes descritos en 2.2.

2.4 Falta de control de la granulometría de los agregados

Entre las diversas características físicas de los agregados, la que experimenta mayores variaciones es su distribución de tamaños, o composición granulométrica. Los cambios de granulometría de los agregados, principalmente la arena, presentan notable influencia sobre la cantidad unitaria de agua que se requiere en la mezcla de concreto para mantener su consistencia uniforme. La tendencia es que al disminuir el tamaño de las partículas

aumenta el requerimiento de agua de mezclado, es decir, a medida que la arena es más fina debe aumentar la cantidad de agua por m^3 de concreto, necesaria para producir un mismo revenimiento. Esto es fácil de comprender, ya que al disminuir el tamaño de los granos se incrementa consecutivamente su superficie específica, es decir, la suma de las áreas superficiales de todas las partículas contenidas en un peso unitario. Asimismo, el aumento de la superficie específica del agregado fino trae aparejado el incremento en la cantidad de pasta de cemento requerida para recubrir todas sus partículas; entonces, si el contenido de cemento por revoltura permanece fijo, el aumento de volumen de pasta se obtiene añadiendo agua. Estas tendencias se muestran gráficamente en las figs 2.5 y 2.6 (refs 2.2, 2.7). En la primera se indica cómo aumenta la superficie específica de los granos al disminuir su tamaño, y en la segunda, cómo varía el requerimiento de agua en función del intervalo dimensional de las partículas de agregado, observándose el efecto más definido para el intervalo que corresponde al agregado fino.

Para evitar los efectos adversos de esta tendencia sobre la calidad del concreto, la ASTM (ref 2.8) recomienda que se estudie un nuevo proporcionamiento de concreto cuando el módulo de finura de la arena varíe en más de 0.20 respecto al de la arena empleada para diseñar el proporcionamiento original. Esta, que no es una medida sencilla, solo puede esperarse que se aplique en obras que cuenten con laboratorio de campo suficientemente capacitado. Para las obras menores, lo recomendable sería efectuar una inspección inicial del lugar donde se piensa obtener la arena y la grava, y estimar los posibles cambios de granulometría que pueden ocurrir en el material, con objeto de delimitar zonas de aspecto uniforme para la explotación, o bien, obtener muestras de las zonas que se observen francamente diferentes. Estas muestras deben remitirse al laboratorio pa

ra que estudie dos o más proporcionamientos, según resulte necesario, de manera que al variar la procedencia de los agregados de una a otra zona, pueda tomarse en cuenta el cambio de granulometría, empleando el proporcionamiento correspondiente. En todo caso, si no se tomó la precaución de contar con estas facilidades, lo recomendable será controlar la consistencia de las mezclas como se indica en 2.1 y efectuar los ajustes como se explica en 2.2.

2.5 Falta de precisión en la dosificación de los agregados

En este aspecto puede aludirse a dos causas que son frecuentes en las obras menores:

1. Separación deficiente de los agregados en los diferentes tamaños previstos, por el uso de equipos y/o procedimientos inadecuados de clasificación.
2. Medición imprecisa de las cantidades de agregados que deben dosificarse para elaborar un determinado volumen de concreto, revoltura tras revoltura.

La clasificación de los agregados por tamaños se establece con el fin de ejercer control sobre su granulometría, debido a los efectos indeseables que produce sobre la calidad del concreto el cambio fuera de control de esta característica, según se expuso en el párrafo anterior. De esta forma, al dosificar el agregado total en fracciones, es posible conseguir mayor uniformidad en el conjunto, lo cual, a su vez, está supeditado a la uniformidad particular de cada fracción. Considerando la importancia de esto último, lo deseable es que el intervalo dimensional abarcado por una fracción resulte lo más reducido posible, pues así se reduce la tendencia de las partículas a segregarse y se propicia su homogeneidad. Por otra parte, lo preciso de la división por tamaños depende de las caracte

rísticas de los procedimientos y equipos que se empleen para ejecutarla. Para satisfacer estas dos condiciones, intervalo reducido y división precisa, en las grandes obras se acostumbra especificar la subdivisión del agregado grueso en varias fracciones y se emplean equipos adecuados para lograr que sea precisa. Por lo contrario, en las obras menores es frecuente prestar poca atención a estos aspectos, llegándose al extremo de pretender el uso de los agregados (arena y grava) sin ninguna separación. Lo recomendable para estas obras es dividir los agregados en por lo menos dos fracciones (arena y grava) si el tamaño máximo no excede de 38 mm (1 1/2 pulg), y en tres (arena y dos gravas) si es mayor. Asimismo, independientemente del procedimiento que se utilice para la separación, debe procurarse que los defectos de clasificación (contaminaciones granulométricas) se conserven en proporciones reducidas y uniformes. En la fig 2.7 se incluyen límites recomendables para la composición granulométrica de arena y grava con diversos tamaños máximos, en las obras menores.

Para la dosificación de las cantidades de agregados que deben intervenir en la elaboración de cada revoltura de concreto, normalmente se requiere una aproximación de 1 por ciento si las fracciones se miden en forma individual, y 2 por ciento si se miden acumuladamente en la misma tolva o recipiente. Para conseguir esta aproximación, es requisito indispensable que la dosificación se haga por peso, lo cual ha sido una costumbre invariable en las grandes obras y tiende a serlo también en las menores. Para quienes conserven la costumbre de emplear las dosificaciones de agregados por volumen, conviene recordar que la cantidad efectiva de material que se dosifica al pretender medir un volumen aparente constante, es una variable que depende de numerosos factores, tales como las variaciones de granulometría y humedad de las partículas, geometría del recipiente y grado de compactación. Para mostrar el efecto tan notable

que ejerce uno solo de estos factores, en la fig 2.8 se indica la forma como varía el peso volumétrico de la arena con los cambios de humedad y se expresa el orden de error que puede cometerse al ocurrir un cambio extremo de humedad.

En la actualidad no existe justificación para continuar dosificando los agregados por volumen, pues resulta factible conseguir equipos de dosificación por peso de capacidad adecuada para las obras menores, siendo el más sencillo una simple báscula de plataforma habilitada para pesar botes o carretillas. Además, si se toman en cuenta los conceptos contenidos en el Cap. 1, el aumento de calidad y la reducción en el consumo de cemento que pueden conseguirse, deben ser alicientes para implantar la dosificación de los agregados por peso en todas las obras menores.

2.6 Referencias

- 2.1 T. C. Powers, "Structure and Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste", Journal American Ceramic Society (1958)
- 2.2 A. Hummel, "Prontuario del Hormigón", Editores Técnicos Asociados, Barcelona (1966)
- 2.3 W. H. Prince y G. B. Wallace, "Resistance of Concrete and Protective Coatings to Forces of Cavitation", Procs., American Concrete Institute, Detroit (1950)
- 2.4 "Concrete Manual", U. S. Bureau of Reclamation, Denver (1966)
- 2.5 "Recommended Practice for Selecting Proportions for Normal Weight Concrete", Proposed Revision of ACI 613-54, ACI Journal, Detroit (ago 1969)
- 2.6 D. F. Orchard, "Concrete Technology", John Wiley & Sons Inc., Vol 2, Nueva York (1966)

- 2.7 R. Vallette, "Manuel de Composition des Betons", Editions Eyrolles, Paris (1963)
- 2.8 "Standard Specifications for Concrete Aggregates, C 33", American Society for Testing and Materials, Book of Standards, Parte 10 (1970)

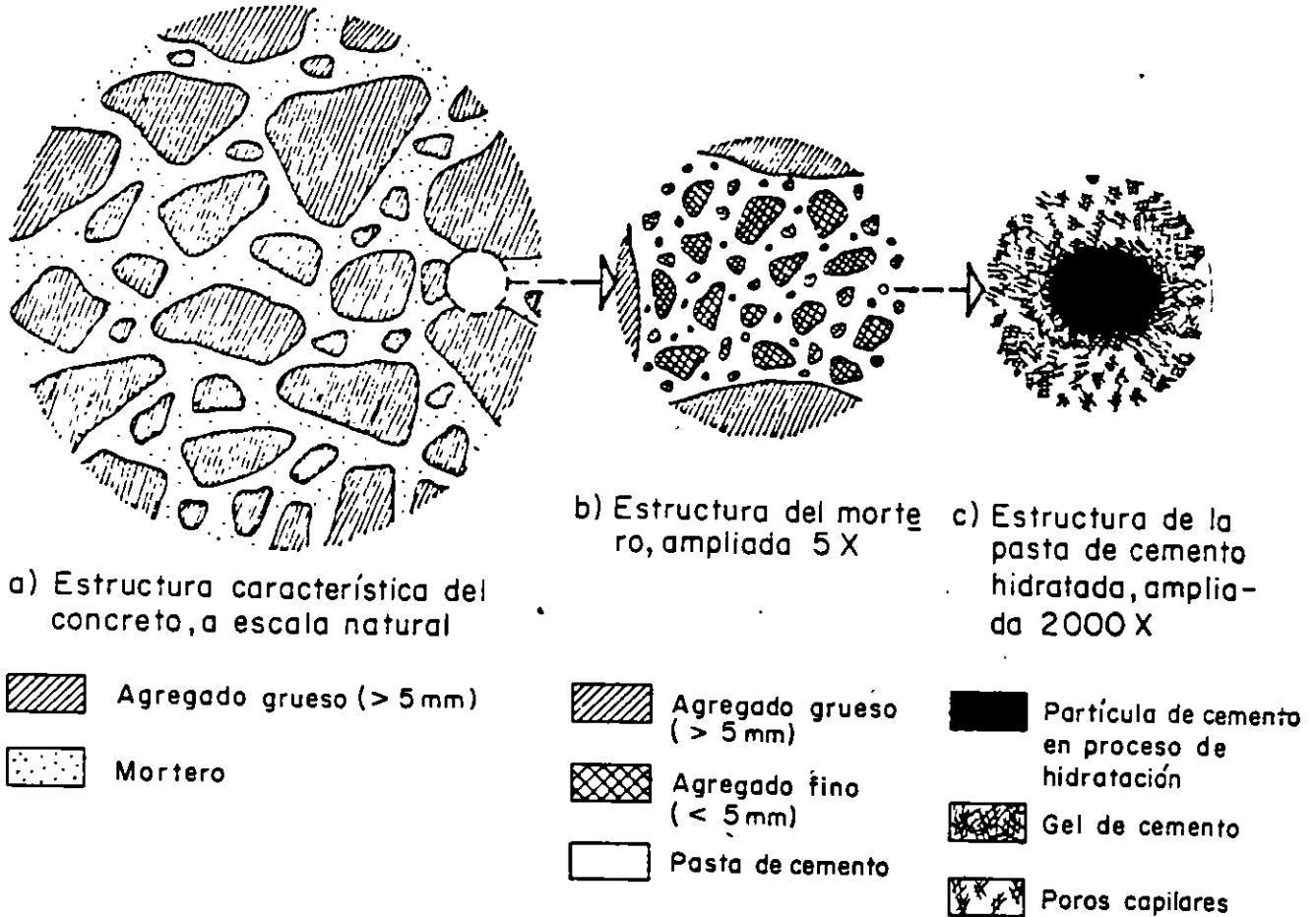


Fig 2.1. Esquema de la estructura del concreto, a diferentes escalas

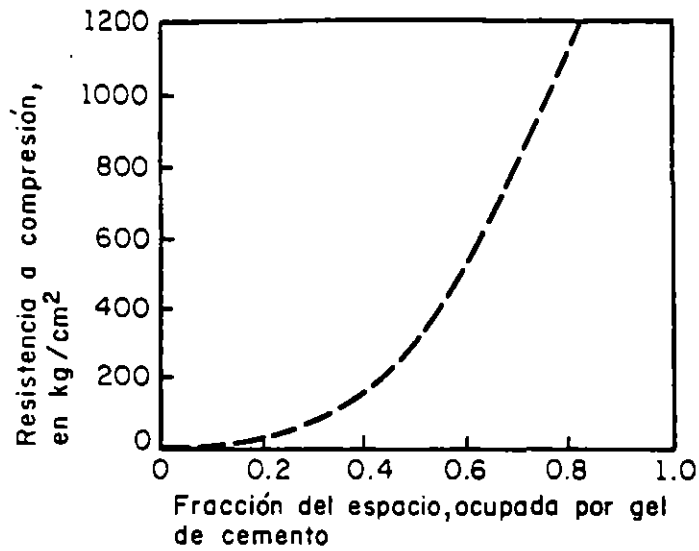


Fig 2.2a. Relación entre el espacio ocupado por el gel de cemento y la resistencia de la pasta

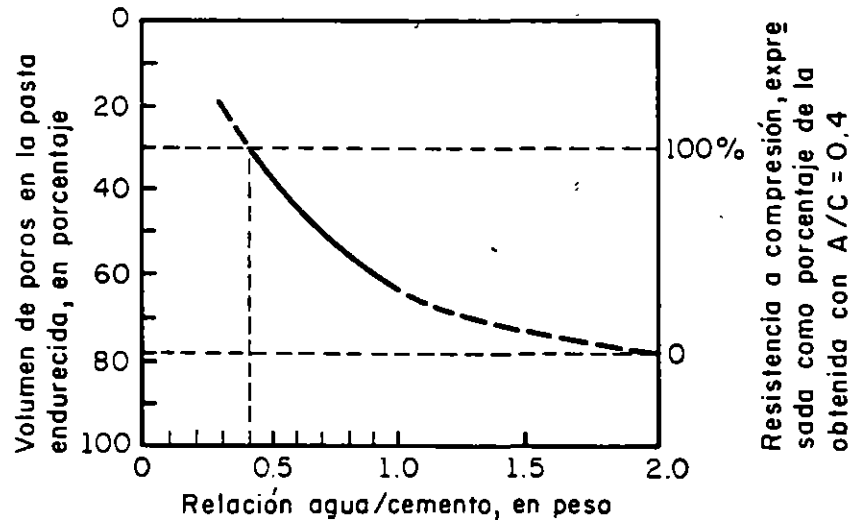


Fig 2.2b. Influencia del contenido de agua de la pasta de cemento sobre su proporción de poros y su resistencia a compresión

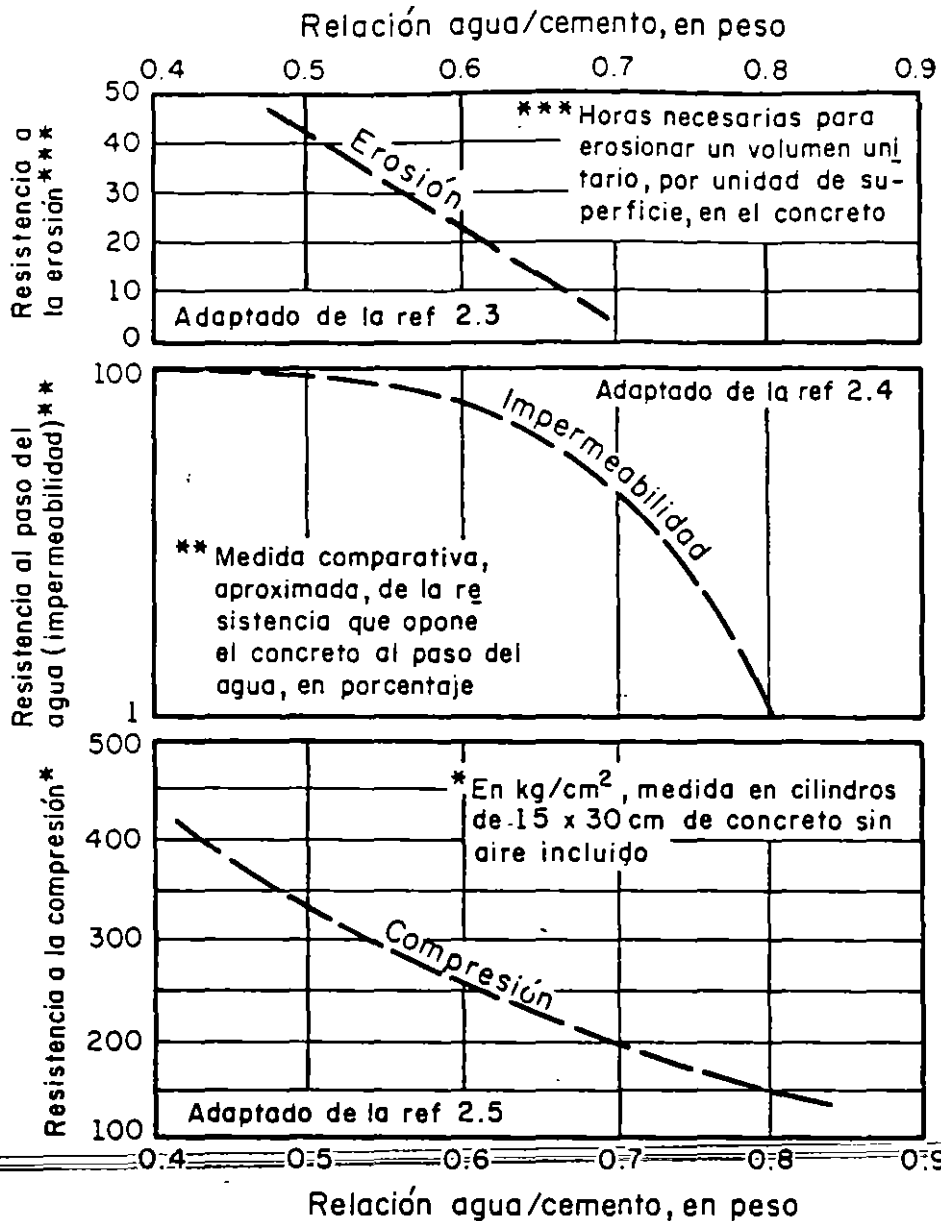
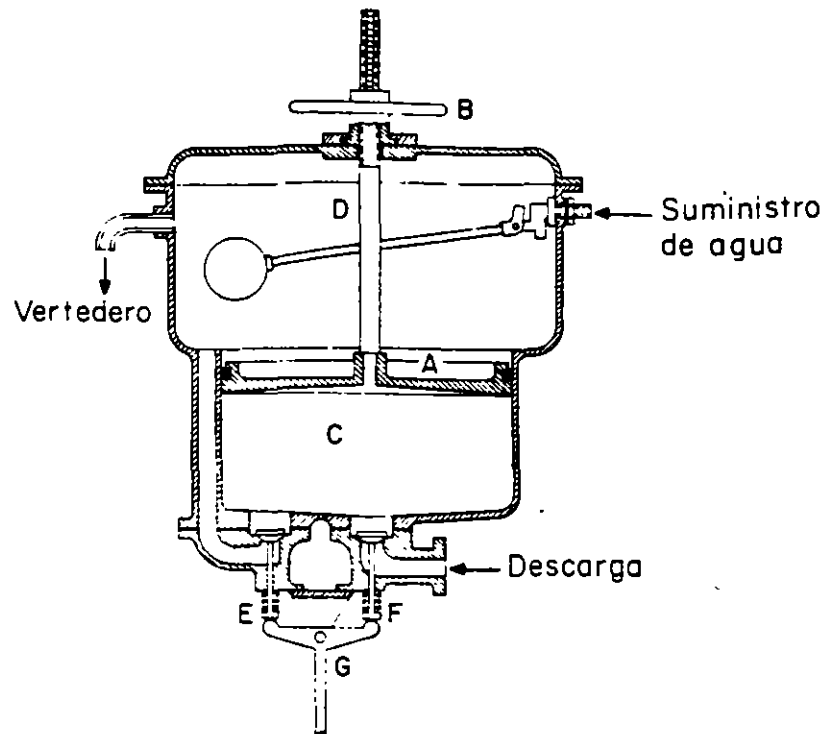


Fig 2.3. Influencia que tiene el valor de la relación agua/cemento sobre diversas propiedades que definen la calidad del concreto



Descripción de partes y funcionamiento:

- 1) La posición del émbolo A se ajusta mediante el tornillo B para obtener en el compartimiento C el volumen de agua que se requiere dosificar
- 2) El agua almacenada en el compartimiento superior D se hace pasar al inferior C, a través de la válvula E, operando la palanca G hacia la izquierda
- 3) El agua medida en el compartimiento C se descarga a través de la válvula F, operando la palanca G hacia la derecha

Fig 2.4. Tanque para dosificar agua por volumen

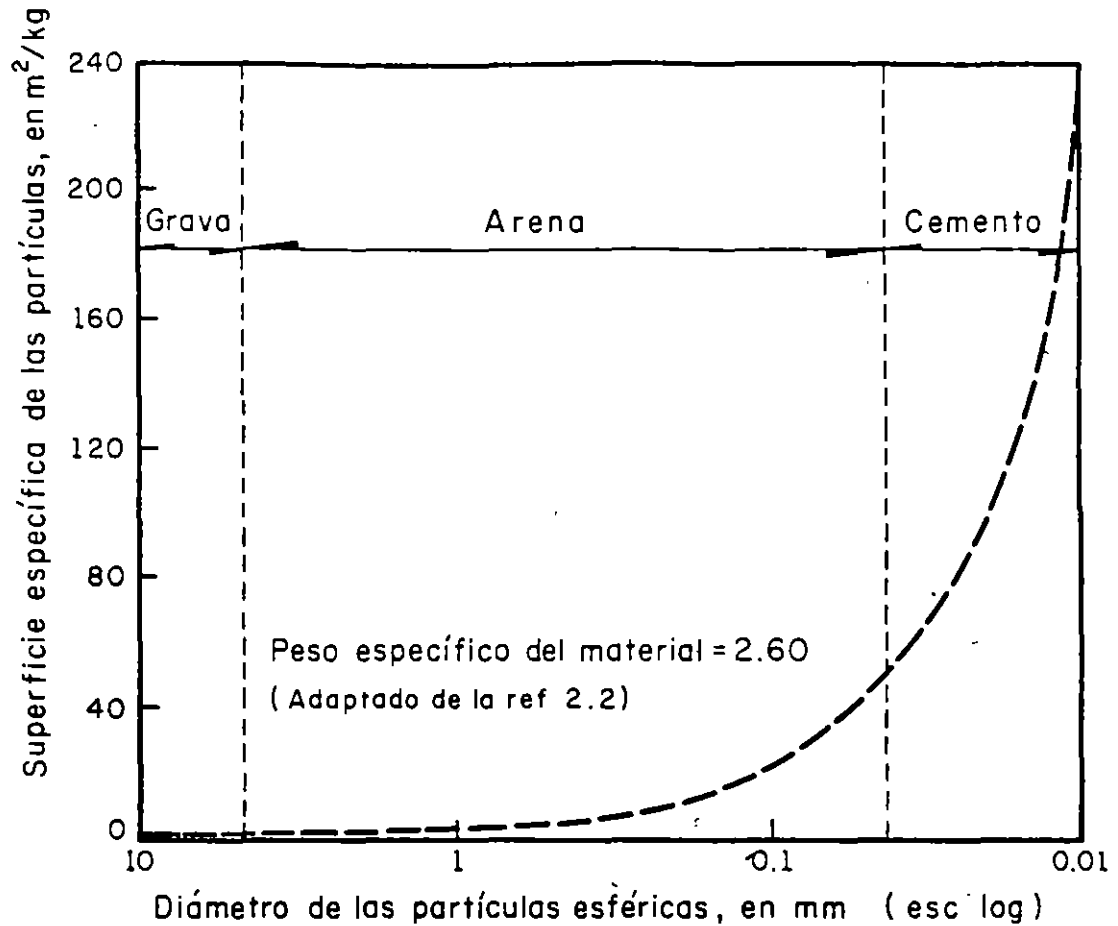


Fig 2.5. Variación de la superficie específica con el diámetro de las partículas

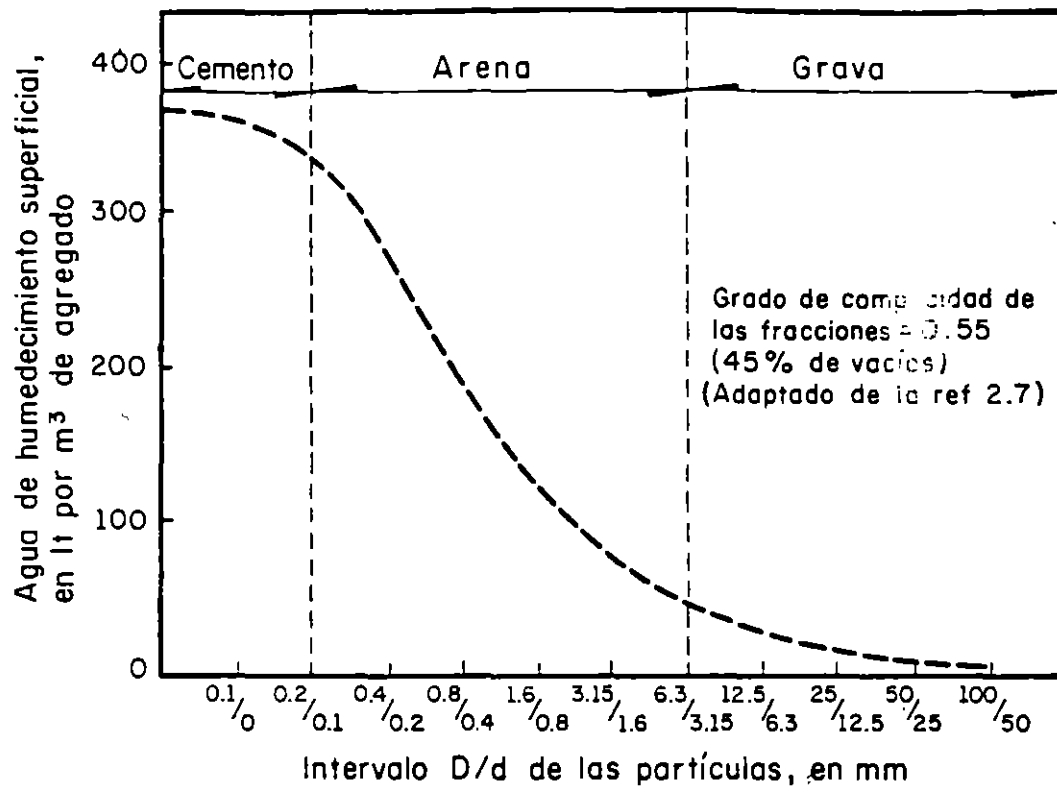


Fig 2.6. Variación del agua de humedecimiento superficial con la dimensión de las partículas

Denominación	Arena	Grava	Grava		Grava
Tamaño máx, en mm	5	19	38		51
Intervalo, en mm	0 - 5	5 - 19	5 - 38		5 - 51
Fracciones	una	una	una	dos	dos

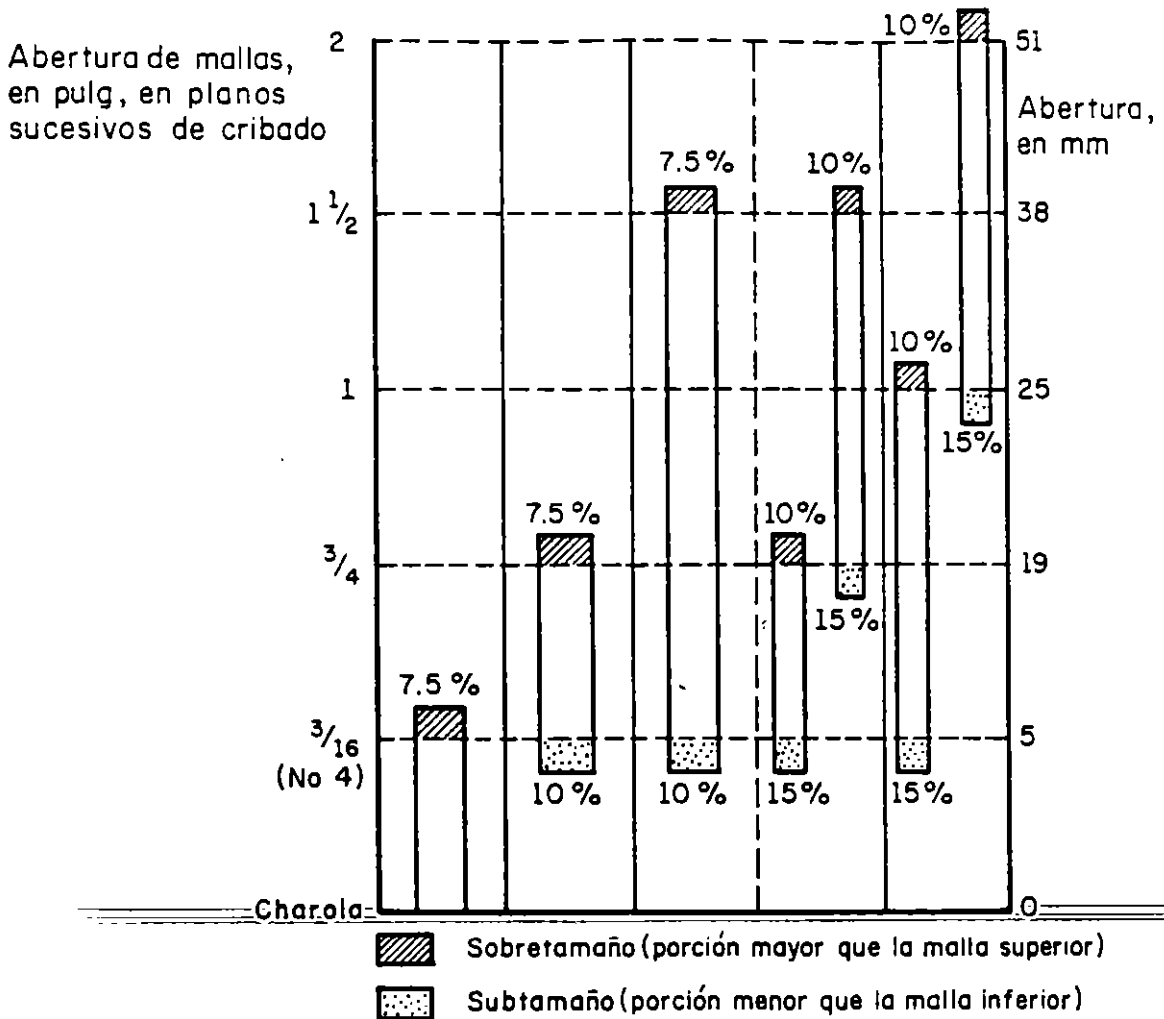


Fig 2.7. Máximas contaminaciones permisibles (sub y sobretamaños) en el cribado de agregados para las obras menores

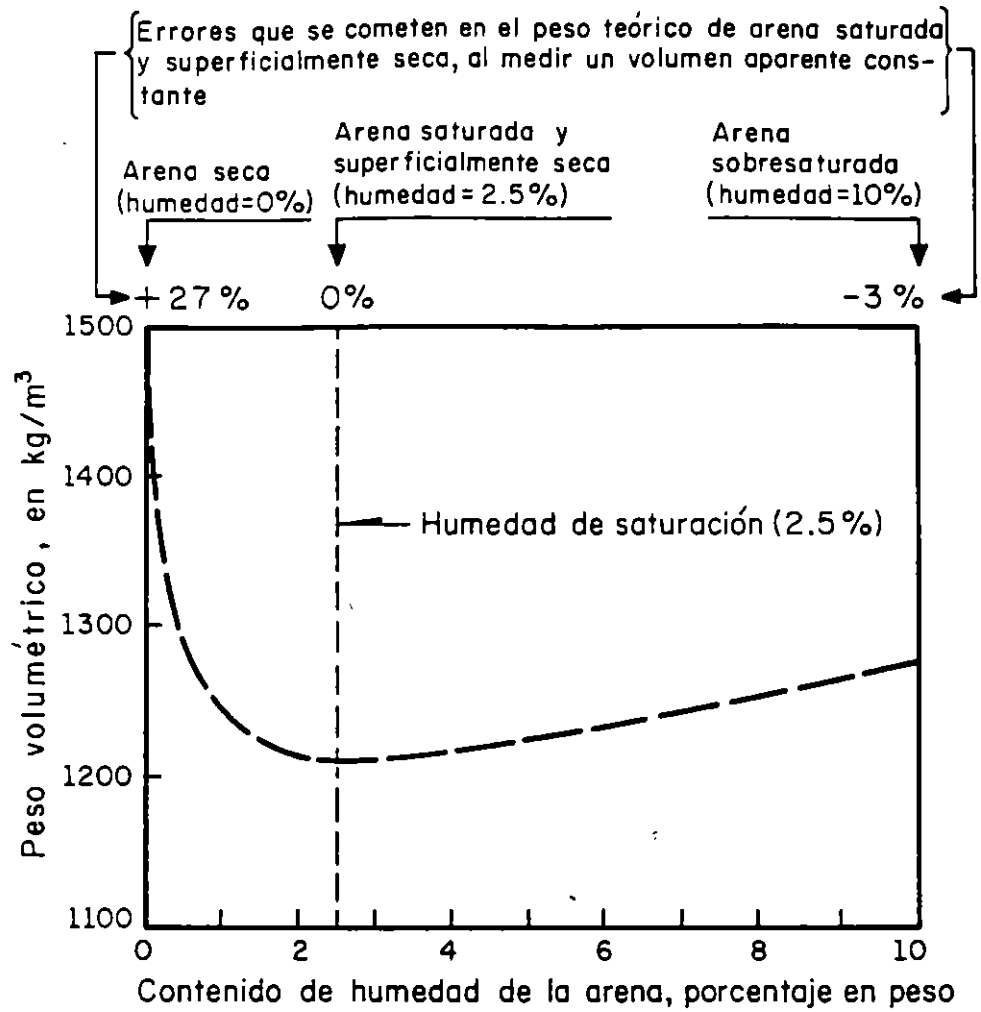


Fig 2.8. Variación del peso volumétrico de la arena con su contenido de humedad

3. MEDIOS PARA INFLUIR EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

3.1 Selección de componentes

3.1.1 Cemento

Es muy importante usar el cemento adecuado a la obra que se construye. En México se fabrican actualmente las siguientes clases y tipos de cemento:

- Portland tipo I (normal)
- Portland tipo II (resistencia a sulfatos y calor de hidratación moderados)
- Portland tipo III (alta resistencia rápida)

- Portland tipo IV (calor de hidratación bajo)
- Portland tipo V (resistencia a sulfatos alta)
- EAT (exento de aluminato tricálcico; resistencia a sulfatos alta)
- Portland-puzolana
- Portland de escoria alto horno
- Portland-blanco
- Escoria-cal
- Para mampostería
- Para perforación de pozos petroleros

Excepto el portland tipo IV y el de pozo petrolero, que se aplican en trabajos muy especializados, es posible que en una obra menor se emplee un cemento de cualquiera de las otras clases y tipos. Asimismo, puede considerarse que los cementos portland-blanco, escoria-cal y de man postería no se utilizan en aplicaciones estructurales, de manera que los siguientes aspectos que se tratan pueden limitarse al portland (tipos I, II, III y V), EAT, portland-puzolana y portland de escoria.

De acuerdo con sus características particulares, el cemen to puede influir en diversas propiedades del concreto, en sus estados fresco y endurecido. Algunos efectos derivan de su finura de molienda, y otros, la mayoría, de su composición.

a) Influencia sobre el concreto fresco. Puede notarse alguna, aun que reducida, en lo que se refiere a manejabilidad, agua de sangrado y tiem po de fraguado, siendo relacionable básicamente con la finura de molienda. A medida que aumenta la finura del cemento, tiende a aumentar también la manejabilidad de las mezclas de concreto y a disminuir el agua de sangrado y el tiempo de fraguado. De acuerdo con esto, deberían hacerse notar los efectos del portland tipo III y portland-puzolana, cuya finura suele ser mayor; sin embargo, son de tan escasa significación, que con frecuencia los oscurecen otros factores más dominantes. En consecuencia, cuando se trabaja con una mezcla de concreto bien diseñada, en condiciones normales, su manejabilidad, agua de sangrado y tiempo de fraguado deben consi derarse independientes de la clase o tipo de cemento usado.

Hay otra característica del cemento que puede influir en el comportamiento del concreto fresco. Se refiere al fenómeno conocido como "fraguado falso", que consiste en el endurecimiento prematuro de la

pasta de cemento. Este es un aspecto indeseable del cemento, que puede considerarse como un defecto de fabricación, susceptible de ocurrir en cualquier clase o tipo, pues normalmente deriva de excesiva temperatura durante la mollienda. Lo recomendable es evitar el uso de cemento con fraguado falso; si esto no es posible, conviene prevenirlo aumentando el tiempo de mezclado del concreto (hasta 6 u 8 min) o tomar medidas para trabajar con mezclas cuyo revenimiento pueda verse disminuido rápidamente.

b) Influencia sobre el concreto endurecido. Es en este estado del concreto donde resultan verdaderamente notables sus cambios de propiedades por efecto de variación en la composición del cemento. Son dignos de mención en este aspecto los efectos sobre la velocidad para adquirir resistencia mecánica, la resistencia al ataque químico de los sulfatos, la generación de calor de hidratación y la magnitud de los cambios volumétricos.

El concreto adquiere resistencia mecánica conforme el cemento que contiene reacciona con el agua y forma compuestos resistentes. Para un cemento determinado, el desarrollo del proceso depende de tres factores básicos: humedad, temperatura y tiempo. Si los dos primeros se mantienen constantes, el avance de la hidratación dependerá solamente del tiempo transcurrido a partir de la combinación del agua con el cemento. Esta es la consideración que suele hacerse cuando se habla de resistencias a edades determinadas (como 7 y 28 días, por ejemplo); sin embargo, las relaciones entre resistencia y edad pueden ser influidas notablemente por la composición del cemento y también por su finura. Los cementos ricos en silicato tricálcico y molidos más finamente adquieren resistencia con mayor rapidez, como el portland tipo III, de alta resistencia rápida, que está indicado para usarse en estructuras que requieren descimbrarse y/o ponerse en servicio a corto plazo. En la fig 3.1 se indica en forma gráfica la manera como puede esperarse que adquieran resistencia los diversos tipos de

cemento portland.

Los sulfatos son sales inorgánicas que casi siempre se encuentran presentes en el terreno y en las aguas freáticas. Cuando su concentración alcanza valores altos (aguas pantanosas y agua de mar, por ejemplo), el medio que los contiene adquiere carácter de agresividad hacia el concreto. Uno de los medios más adecuados para proteger al concreto en esos casos, consiste en emplear un cemento de características apropiadas. Los que tienen bajo contenido de aluminato tricálcico (menos de 5 por ciento) suministran al concreto buena resistencia contra el ataque de los sulfatos, en cuyo caso se encuentran el portland tipo V y el EAT. Hay también otro caso en que el agua puede mostrarse agresiva al concreto, que ocurre cuando es muy pura y por tanto se encuentra ávida de disolver sales, o bien contiene alta concentración de bióxido de carbono (agua de ciertos manantiales, por ejemplo). Como esta acción va dirigida principalmente contra el hidróxido de calcio que se forma durante la hidratación del cemento, una buena manera de inhibirla consiste en evitar o reducir la formación de ese compuesto, lo cual resulta posible mediante el uso de cemento portland de escoria y portland-puzolana.

El proceso de hidratación del cemento es exotérmico, de manera que su desarrollo se acompaña de generación de calor. Si la estructura de concreto por construir tiene poco volumen y gran superficie expuesta (una losa, por ejemplo) ese calor es reducido y se disipa con facilidad. Si, por lo contrario, se trata de una estructura voluminosa, sin facilidades de disipación (caso de presas de concreto) ocurre lo contrario, y la temperatura en el interior tiende a incrementarse conforme se produce la reacción. Posteriormente, cuando la estructura se enfría, experimenta contracciones que conducen a la formación de grietas indeseables. En forma aproximada, puede suponerse que la cantidad de calor liberado es proporci

nal a la resistencia producida, de manera que los cementos que, como el portland tipo III, producen alta resistencia en poco tiempo, liberan también mayor cantidad de calor en ese lapso y resultan por ello inconvenientes para aplicaciones en que conviene evitar la sobrelevación de la temperatura del concreto. En estos casos es recomendable el uso del portland tipo IV (de bajo calor) que es de fabricación especial; en su defecto, el portland tipo II (calor moderado), el portland-puzolana o el portland de escoria de alto horno.

El concreto endurecido puede experimentar cambios volumétricos por varias causas, entre las que sobresalen por su importancia las variaciones de temperatura y humedad. Los cambios volumétricos de origen térmico son difíciles de influir por depender básicamente de características de los agregados y del concreto mismo que no son susceptibles de modificarse en un caso dado. Entre los cambios de volumen atribuidos a variación de humedad en el concreto, destaca por su magnitud la llamada contracción por secado, que se relaciona con la desecación que experimentan los geles producidos en la hidratación del cemento, a medida que el concreto correspondiente pierde humedad. Aunque esta pérdida no es la única causa de la contracción, el hecho que se manifiesten en forma prácticamente simultánea ha dado lugar a que se les identifique y relacione.

La contracción por secado se localiza principalmente en la pasta de cemento, y la presencia de los agregados más bien crea restricciones que la reducen. La contracción de la pasta puede ser influida en cierto grado por la composición química y la finura del cemento. Se dice que los cementos ricos en aluminatos y con alta finura producen pastas con mayor tendencia a la contracción. Aunque esta tendencia no siempre se puede hacer extensiva al comportamiento del concreto, prevalece la costumbre (entre otras medidas) de preferir determinados tipos de cemento en la construcción.

ción de estructuras donde es deseable reducir las contracciones a su menor expresión, como en el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, cuando se opta por el uso del portland tipo II.

En la tabla 3.1 se califica en forma aproximada la manera como influyen los cementos sobre algunas propiedades del concreto fresco y endurecido.

3.1.2 Agregados

Todas las propiedades y características de los agregados influyen, en mayor o menor grado, sobre alguna propiedad o característica del concreto, sea en estado fresco o endurecido. Esta relación es importante bajo el aspecto de seleccionar o acondicionar agregados, cuando existen varias alternativas para su obtención o tratamiento. En las obras menores es frecuente disponer de una o más fuentes de agregados de uso común en la región que, previamente aceptados por el dueño o supervisor de la obra, se emplean sin tratamiento o modificación ulterior, salvo casos especiales en que así se especifica. No obstante lo anterior, puede presentarse el caso en que un constructor tenga que decidir entre dos o más agregados aceptados o bien seleccionar las mejores zonas de explotación de un banco, para lo cual conviene tener presentes algunos aspectos básicos que no solamente influyen en la calidad del concreto sino en su costo de producción.

a) Forma de las partículas. Los fragmentos de roca que constituyen los agregados minerales suelen presentar formas muy variadas, dependiendo de si son naturales o triturados, y de otros factores. Independientemente de que los fragmentos sean angulosos o redondeados, pueden establecerse cuatro formas básicas:

<u>Descripción</u>		<u>Largo/ancho</u>	<u>Ancho/espesor</u>
Equidimensional	(esférica o cúbica)	< 2	< 2
Solamente plana	(en forma de disco)	< 2	> 2
Solamente alargada	(tubular)	> 2	< 2
Plana y alargada	(en forma de espátula)	> 2	> 2

Por lo común, la forma equidimensional es la más conveniente, siendo indeseable la presencia en exceso de fragmentos con cualquiera de las otras tres formas. Los fragmentos equidimensionales pueden tener tendencia esférica si son redondeados o cúbica si son angulosos. Los primeros casi siempre corresponden a fragmentos naturales cuyas aristas han sufrido desgaste por el acarreo (como los agregados de río), y los segundos pueden ser fragmentos naturales que no han sufrido acarreo o fragmentos producidos por trituración.

En igualdad de condiciones, se prefieren los agregados redondeados por considerarse que requieren menor consumo de cemento para producir mezclas manejables. Aunque esta premisa es cierta, en ocasiones puede ser engañosa, como es el caso de concretos de muy alta resistencia en que se prefieren los fragmentos equidimensionales y angulosos.

b) Granulometría. Es la distribución de tamaños de las partículas que componen un material fragmentado. En el caso de los agregados, considerando la costumbre de dividirlos en fracciones para mejor control de la uniformidad de esa distribución, la granulometría más conveniente se establece de acuerdo con el intervalo dimensional abarcado por cada fracción. En las obras menores, la recomendación mínima consiste en separarlos por lo menos en dos fracciones (arena y grava) si el tamaño máximo es igual o menor de 38 mm (1 1/2 pulg), y por lo menos en tres fracciones (arena y dos gravas) si el tamaño máximo excede de esa dimensión. En la fig 3.2 se indi

can los límites granulométricos que son recomendables para cada una de las posibles fracciones, en el caso de las obras menores.

La variación de composición granulométrica de los agregados aparenta tener mayor influencia sobre el concreto en estado fresco, pero no debe perderse de vista que una buena mezcla de concreto es el primer paso para conseguir una buena estructura. En cuanto a dicha influencia, el agregado menor de 5 mm (arena) la presenta más definida e importante. La granulometría de la arena se acostumbra definir por el módulo de finura que es igual a la suma, dividida entre 100, de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las cinco mallas estándar (Nos 8, 16, 30, 50 y 100) en que se hace pasar la arena. De acuerdo con este dato, las arenas pueden clasificarse, de gruesas a finas, en el siguiente orden:

<u>Clase de arena</u>	<u>Módulo de finura</u>
Extra gruesa	> 3.50
Gruesa	3.50 - 3.20
Lig. gruesa	3.20 - 2.90
Mediana	2.90 - 2.60
Lig. fina	2.60 - 2.30
Fina	2.30 - 2.00
Extra fina	< 2.00

El uso de arenas gruesas ($MF > 3.20$) produce mezclas de concreto poco manejables, ásperas, segregables y que exhiben agua de sangrado; aspectos indeseables para cuya disminución se requiere a veces emplear mayor cantidad de cemento de la estrictamente necesaria para obtener la resistencia requerida. Si las arenas son finas ($MF < 2.30$) el requerimiento es semejante, aunque en este caso el incremento de cemento es necesario para suministrar el aumento de pasta que se requiere al crecer la superficie específica de la arena. De aquí resulta evidente la ventaja que representa

emplear una arena bien graduada, es decir, que presente continuidad de tamaños y cuyo módulo de finura se halle comprendido entre 3.20 y 2.30, aproximadamente.

c) Tamaño máximo. La dimensión de las partículas más grandes del agregado puede mostrar influencia sobre el comportamiento del concreto y también sobre su costo unitario. Sobre el concreto en estado fresco ocurren dos efectos principales: 1) conforme las partículas son mayores, resulta más difícil mantenerlas en el seno de la mezcla, es decir, hay más facilidad para la segregación; 2) al aumentar el tamaño máximo disminuye la superficie específica del agregado y la cantidad de pasta de cemento que se requiere también se reduce, lo cual puede representar menor costo unitario para un concreto de determinada resistencia. Esto último se basa en el supuesto de que la resistencia solamente sea gobernada por la calidad de la pasta de cemento, lo cual a veces no es así; por ejemplo, como cuando las partículas son muy redondeadas, o las relaciones agua/cemento son muy bajas, ocurriendo entonces que el valor de la adherencia que se desarrolla entre el agregado y la pasta puede actuar como tope para la resistencia del concreto.

En condiciones normales puede considerarse que si la resistencia promedio requerida en el concreto es menor de 300 kg/cm^2 , aproximadamente, es conveniente propiciar el uso del tamaño de agregado más grande que pueda manejarse sin segregación y que permita ser colocado de acuerdo con las dimensiones de la estructura y la separación del acero de refuerzo. En este aspecto, las limitaciones que supone la práctica son del siguiente orden:

<u>Miembro estructural</u>	<u>Tamaño máximo permisible*</u>
Muros, vigas columnas	0.20 de la dimensión mínima
Losas	0.33 del espesor
Cualquier miembro reforzado	0.75 del mínimo espacio libre entre varillas individuales o paquetes, o entre el acero del pretensado o los ductos del postensado.

d) Sustancias deletéreas. Como tales se califican todas aquellas que, estando presentes en los agregados, resultan en detrimento de alguna propiedad del concreto. Las que ocurren con mayor frecuencia son las partículas muy finas (limo, arcilla, polvo), la materia orgánica y los fragmentos de calidad inferior. Aunque todas son indeseables, no siempre es posible evitarlas o suprimirlas, de manera que es necesario establecer hasta qué punto son perjudiciales con objeto de definir sus límites de tolerancia.

El exceso de partículas muy finas en la arena (que pasan la malla No 200) puede mejorar la manejabilidad de las mezclas de concreto pero tiene efectos adversos pues aumenta el requerimiento de agua y la contracción por secado y reduce la resistencia del concreto a la abrasión. En casos de estructuras no sujetas a abrasión se toleran cantidades máximas de 5 y 7 por ciento en arenas naturales y trituradas, respectivamente. Si hay riesgo de abrasión las tolerancias se reducen en 2 por ciento.

La materia orgánica influye reduciendo la resistencia del concreto principalmente a edades largas. La más perjudicial es aquella que, por estar finamente dividida, no se detecta por simple inspección y resulta más difícil de eliminar. Existe una prueba muy sencilla para de

* Debe seleccionarse como tamaño máximo permisible el que resulte menor después de aplicar las limitaciones correspondientes a las dimensiones del miembro y a la separación del refuerzo.

terminarla, que consiste en colocar la arena durante 24 horas en una solución al 3 por ciento de hidróxido de sodio; se califica de acuerdo con el color resultante. Cuando la arena contiene exceso de materia orgánica o de partículas muy finas, no es recomendable usarla en esas condiciones, siendo entonces conveniente dar preferencia a otra arena con mejores características, aunque resulte aparentemente más cara, o bien estudiar la posibilidad de mejorarla mediante tratamiento de lavado.

Los fragmentos de baja calidad pueden serlo por tratarse de material intemperizado o por proceder de una roca que en su estado natural sea de menor calidad. Esta condición puede manifestarse en forma de partículas poco resistentes o de baja densidad. En cualquier caso, su influencia puede consistir en una disminución de la durabilidad del concreto, razón por la cual su presencia en la grava se limita así: 1) si se trata de fragmentos suaves, que en estado saturado se desbaraten bajo la presión de los dedos, 1 por ciento máximo; 2) si únicamente se trata de fragmentos ligeros que no se desbaraten, 5 por ciento máximo.

3.1.3 Aditivos

Se puede influir en las propiedades del concreto en estados fresco y endurecido, mediante la incorporación de ciertas sustancias o materiales, que en la terminología se conocen como aditivos para concreto. Aun cuando cada vez su número es mayor, los más comunes y las influencias que ejercen suelen ser como se indica en la siguiente relación:

<u>Clase de aditivo</u>		<u>Influencia sobre el concreto</u>	
<u>Denominación</u>	<u>Presentación</u>	<u>En estado fresco</u>	<u>En estado endurecido</u>
1) Acelerante de fraguado	Líquido o polvo	Disminuye notablemente el tiempo de fraguado.	Puede disminuir la resistencia final.
2) Acelerante de resistencia	Líquido, polvo o escamas	Puede disminuir el tiempo de fraguado.	Aumenta notablemente la resistencia inicial. Puede aumentar la resistencia final.
3) Retardante de fraguado	Líquido o polvo	Aumenta notablemente el tiempo de fraguado.	Puede disminuir la resistencia inicial.
4) Fluidizante	Líquido o polvo	Aumenta la fluidez y puede aumentar la manejabilidad.	Puede aumentar la resistencia a todas edades.
5) Inclusor de aire	Líquido o polvo	Puede aumentar la fluidez, cohesión y manejabilidad. Disminuye el agua de sangrado y el peso volumétrico.	Aumenta la resistencia a congelación y deshielo. Puede disminuir la resistencia a todas edades. Disminuye el peso volumétrico.
6) Estabilizador de volumen	Pequeños fragmentos metálicos	No aparenta influir (se aplica principalmente en morteros muy fluidos).	Produce expansión controlada para compensar la contracción natural. Aumenta la resistencia y el peso volumétrico.
7) Expansor	Polvo metálico	No aparenta influir.	Produce expansión incrementada. En espacios no confinados aumenta el volumen y reduce la resistencia y el peso volumétrico.
8) Puzolana	Polvo fino	Puede aumentar la manejabilidad y disminuir el agua de sangrado.	Puede aumentar la resistencia al ataque de aguas y suelos agresivos y reducir la generación de calor y la resistencia a compresión. Puede evitar cierta reacción de letérea entre cemento y agregados.

Las aplicaciones indicadas para cada una de estas clases de aditivos resultan conforme a la influencia positiva que ejercen, previo conocimiento y admisión de los efectos secundarios indeseables que también pueden producir. Se incluye un breve resumen de las aplicaciones más comunes.

Se acostumbra emplear el acelerante de fraguado para elaborar mortero o pasta de cemento de fraguado muy rápido para obturar filtraciones de agua, por ello también se le llama a veces tapafugas.

El acelerante de resistencia se aplica para incrementar la resistencia del concreto en sus primeras edades, con objeto de adelantar su descimbrado, utilización y puesta en servicio, o para protegerlo contra bajas temperaturas en colados en climas fríos. El producto más conocido es el cloruro de calcio (CaCl_2), que se administra en proporción máxima de 2 por ciento del peso de cemento.

El retardante de fraguado se usa cuando conviene que el concreto fragüe con mayor lentitud para facilitar las operaciones inherentes a su manejo y colocación. Su empleo está indicado en colados en climas cálidos o cuando por lo excesivo del volumen o lo complicado de las maniobras de colado, se requiere disponer de mayor tiempo para manipular el concreto en estado fresco. Existen diversas sustancias químicas que producen este efecto.

El fluidizante es una sustancia que al añadirse a una mezcla de concreto incrementa su fluidez en forma parecida como si se le añadiera agua. Por ello se utiliza frecuentemente para disminuir el agua de mezclado, conservando la misma fluidez, lo cual produce evidentes beneficios al concreto. Los principales agentes reductores de agua son los derivados del ácido lignosulfónico.

El inductor de aire incorporado durante el mezclado mecánico del concreto propicia la formación de pequeñas burbujas de aire en el interior de la masa, las cuales producen las influencias señaladas anteriormente. Se emplea en mezclas con agregados triturados o arenas gruesas para mejorar su manejabilidad y disminuir el agua de sangrado. En países de clima muy frío se le emplea para proteger el concreto contra los efectos de la congelación del agua ubicada en su interior. La resina de vinil sol neutralizada es el producto inductor de aire que más se utiliza.

El estabilizador de volumen consiste esencialmente en limaduras de fierro que al oxidarse incrementan su volumen en forma limitada, generando una expansión suficiente para compensar las contracciones naturales. Su principal aplicación consiste en elaborar morteros fluidos que se utilizan para el apoyo de maquinaria pesada, y otras semejantes.

El expansor generalmente es polvo de aluminio que al reaccionar con el hidróxido de calcio liberado por el cemento, genera gas hidrógeno, el cual por su ligereza tiende a subir dentro de la masa de concreto produciéndole expansión. Si la masa se vierte en un espacio confinado se inhibe la expansión y solo se produce presión en las paredes, que favorece la acción de llenado. De lo contrario, si se produce expansión libre se forman cavidades alveolares en el concreto que reducen su resistencia y peso volumétrico.

La puzolana es un material natural o artificial que en sí mismo es inerte, pero en combinación con cal puede actuar como cementante, para lo cual requiere poseer alta finura. Cuando se emplea como aditivo para concreto, pueden perseguirse varias finalidades: mejorar la manejabilidad y reducir el agua de sangrado de las mezclas debido a la acción de su finura; mejorar la resistencia del concreto contra el ataque de ciertas aguas y suelos agresivos, por su reacción con la cal liberada por el cemen

to; reducir la generación de calor de hidratación, supliendo una parte del contenido de cemento; evitar una posible reacción deletérea entre ciertos agregados silíceos y cemento con alto contenido de álcalis.

En cualquier caso, conviene tener presente que las influencias señaladas no son invariables ni precisas pues dependen de la calidad de los aditivos, su dosificación, la naturaleza de los demás componentes del concreto y las condiciones del medio ambiente en que se produce. Por esta razón, es altamente recomendable no emplear aditivos sin antes efectuar pruebas de laboratorio y/o de campo que permitan definir su comportamiento y efectos.

3.2 Proporcionamiento de componentes

3.2.1 Criterios generales

La posibilidad de variar la proporción en que deben combinarse los componentes del concreto, es tal vez el medio más accesible para influir en sus propiedades, especialmente en lo que se refiere a resistencia mecánica y propiedades correlativas.

Los siguientes son criterios normalmente aceptados, cuando se trata de definir en un caso dado dicha proporción:

a) Usar la mínima cantidad de agua posible, por m^3 de concreto, para lo cual se deben producir mezclas con la consistencia menos fluida que pueda trabajarse.

b) Seleccionar la calidad de pasta de cemento adecuada a las especificaciones de la estructura. Conforme a lo señalado en el Cap. 2, esta calidad se expresa en función de la relación agua/cemento de la propia pasta.

c) Emplear el tamaño más grande de agregado que pueda manejarse sin segregación, y que sea admitido por las condiciones geométricas y de

refuerzo de la estructura, siempre y cuando la resistencia promedio requerida no sea mayor de unos 300 kg/cm^2 . Para resistencias más altas, conviene tomar en cuenta las características propias de los agregados disponibles, determinando su aptitud mediante pruebas directas de laboratorio.

d) Utilizar la mínima cantidad de arena por m^3 de concreto que sea compatible con la manejabilidad del concreto y sus condiciones de acabado.

La consistencia adecuada, medida por el revenimiento, para diversos tipos de construcción de concreto acomodado por vibración, debe hallarse entre los siguientes límites:

Muros de cimentación y zapatas, reforzados	4 a 10 cm
Zapatas, cajones y muros de subestructura, simples	2 a 8 cm
Vigas y muros, reforzados	4 a 10 cm
Columnas de edificios	6 a 10 cm
Pavimentos y losas	2 a 8 cm
Concreto en masa	0 a 6 cm

La relación agua/cemento debe seleccionarse para permitir que el concreto alcance la resistencia promedio requerida (f_{cr}), según el proyecto de la estructura, a los 28 días de edad, excepto cuando la propia estructura deba prestar servicio en condiciones de severa exposición, en cuyo caso la relación agua/cemento debe limitarse así:

<u>Condiciones de exposición</u>	<u>Secciones delgadas o con recubrimiento del acero menor de 2 cm</u>	<u>Cualesquiera otras estructu ras</u>
----------------------------------	---	--

a) Humedecimiento continuo o frecuente y exposición a la congelación y el deshielo; agua/cemento máxima	0.45	0.50
---	------	------

b) Exposición al agua de mar o a los sulfatos; agua/cemento máxima	0.40	0.45
---	------	------

Conviene definir el tamaño máximo del agregado en los casos que son comunes en las obras menores, conforme a las limitaciones geométricas y de refuerzo de las estructuras, señaladas en el inciso c de 3.1.2.

La determinación del contenido óptimo de arena, para los materiales disponibles y las condiciones de trabajo dadas, normalmente requiere hacerse mediante algunos ensayos previos, tomando en cuenta la manejabilidad requerida, los medios de colocación disponibles y la clase de acabados que deben obtenerse en el concreto. Aun cuando siempre es deseable que estos ensayos se realicen en condiciones de laboratorio, conviene prevenir aquellos casos en que esto no es posible por circunstancias especiales. Para estos casos se incluyen las tablas 3.2 y 3.3, que contienen las cantidades aproximadas de agregados, en peso, que se requieren para producir revolturas de concreto de diversas resistencias, a partir del empleo de un saco de 50 kg de cemento. En la tabla 3.4 se incluyen, solamente como información, datos de volúmenes aproximados de concreto que se deben obtener empleando las proporciones dadas, conforme varíe el peso específico de los agregados.

3.2.2 Usos y limitaciones de las tablas de proporciones

Se presentan dos tablas, según que el tamaño máximo del agregado sea 19 mm (3/4 pulg) o 38 mm (1 1/2 pulg), que son los casos más frecuentes en las obras menores. En cada tabla se dan proporciones para concretos con resistencias promedio requeridas comprendidas entre 175 y 400 kg/cm². Para cada resistencia existen tres proporciones diferentes, en

función de la granulometría de la arena, y para cada proporción se incluyen tres mezclas opcionales denominadas A, B y C. El procedimiento a seguir en el uso de estas tablas es como se indica enseguida.

a) Se define el tamaño máximo del agregado según dimensiones y re fuerzo de la estructura (3.1.2, inciso c). Si resulta teóricamente compre ndido entre 15 y 35 mm, conviene adoptar 19 mm (3/4 pulg) como tamaño máxim o nominal, prácticamente obtenible de acuerdo con las mallas que son usual es para el cribado de la grava, y se aplica la tabla 3.2. Si resulta entr e 35 y 65 mm, entonces conviene adoptar 38 mm (1 1/2 pulg) y aplicar la tabla 3.3. En el caso de estructuras que por sus dimensiones o condiciones de refuerzo requieran gravas con tamaño máximo menor de 15 mm o bien las admitan con tamaño mayor de 65 mm, se considera más conveniente diseñar las mezclas mediante pruebas directas de laboratorio con los materiales propuest os.

b) Se establece la resistencia promedio requerida (f_{cr}) a partir de los datos consignados en la tabla 1.2, tomando en cuenta la resistencia de proyecto (f'_c) y la clase de concreto especificada por el proyectista de la estructura, y suponiendo un coeficiente de variación probable en los result ados, conforme a las condiciones en que se vaya a producir el concreto, según la escala aproximada contenida en la tabla 1.1. Los valores de f_{cr} están tabulados por intervalos; no se recomienda interpolar, es preferible aplicar el límite superior del intervalo en que resulte comprendido el val or de f_{cr} correspondiente.

c) Se determina, de ser posible, el módulo de finura de la arena como se define en 3.1.2 b. Si no se dispone de medios para determinarlo, será necesario estimar si la arena es fina, media o gruesa. De cualquier modo, con esa información relativa a la granulometría de la arena, podrá entrarse a la columna correspondiente de la tabla en uso, en donde se en

cuentran los pesos de arena y grava que deben emplearse para fabricar re volturas de un saco de cemento (50 kg), de acuerdo con el valor de f_{cr} .

d) Se observa que para cada condición así definida, existen tres mezclas opcionales denominadas A, B y C. El propósito de su inclusión es tomar en cuenta el efecto que producen la forma de las partículas y la gra nulometría de la grava sobre el requerimiento de arena para producir mez clas trabajables. El procedimiento a seguir consiste en tomar los datos de la mezcla B y elaborar una revoltura de prueba, adicionando la cantidad de agua suficiente para obtener la consistencia necesaria, según lo indica do en 3.2.1. Si esta mezcla se aprecia excedida de arena, convendrá can biarla y ensayar los datos de la mezcla A. Si, por lo contrario, se juzga escasa de arena, deberán emplearse los datos de la mezcla C. Asimismo, de be vigilarse el estado de humedad que presente la arena en el momento de su empleo, pues para fijar las cantidades de arena de las tablas se le ha supuesto una condición definida como seca al ambiente, es decir, la que se produce en el material después de varios días de estar almacenado sin reci bir agua. Cuando la arena se encuentre húmeda (sin agua superficial), las cantidades de las tablas deben incrementarse 3 por ciento, y cuando se en cuentre saturada (con agua libre en la superficie) deben incrementarse ~~6 por ciento. Obviamente, en ambos casos, la cantidad de agua de mezcla~~ requerida para obtener el revenimiento necesario deberá ser menor que cuan do la arena se encuentre seca al ambiente.

e) Una vez definida la mezcla adecuada (A, B o C) y la cantidad de agua que es necesario añadirle para obtener la consistencia requerida (me dida por el revenimiento), debe procederse a fabricar revolturas del volu men adecuado a la capacidad de la revoladora. Si se dispone de los medios necesarios para pesar el cemento, lo más conveniente es hacerlo y determi nar las cantidades correspondientes de arena y grava en función de la pro

porción unitaria establecida. De no ser así, lo recomendable es dosificar el cemento por sacos completos y emplear cantidades de arena y grava que sean múltiplos de las cantidades indicadas en las tablas. Existen dos me di os para estimar el volumen de concreto que debe resultar al producir una revoltura: 1) determinar el peso volumétrico del concreto fresco y aplicar el procedimiento que se describe en 6.2.2.3; 2) hacer uso de los volúmenes aproximados que se incluyen en la tabla 3.4, para revolturas de un saco de cemento, según tamaño máximo y peso específico de los agregados.

3.2.3 Ejemplo

Se requiere fabricar concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, clase 1 (AC1-214), en una obra donde se espera tener un coeficiente de variación igual a 20 por ciento. Las estructuras admiten grava con 38 mm (1 1/2 pulg) de tamaño máximo y la arena disponible puede considerarse con graduación algo fina. Se cuenta con una báscula de plataforma para pesar los mat er ia l e s y con una revolvedora mecánica 11" S" para mezclar el concreto.

De la tabla 1.2, considerando $V_v = 20$ por ciento, se obtiene $f_{cr} = 282 \text{ kg/cm}^2$. Entrando a la tabla 3.3, para $f_{cr} = 300 \text{ kg/cm}^2$ y arena ligeramente fina, se obtiene la siguiente proporción de mezcla B:

Cemento	=	50 kg (un saco)
Arena	=	84 kg
Grava	=	179 kg

Al elaborar una mezcla de prueba con estas cantidades, se determina un requerimiento de 27 lt de agua para obtener los 10 cm de re v e n i m i e n t o necesario. Asimismo, se aprecia que a la mezcla le hace falta arena y que esta se encuentra húmeda; en consecuencia, se cambia a la me z cl a C del mismo grupo y se incrementa la arena en 3 por ciento, con lo cual resulta la siguiente nueva proporción:

Cemento	= 50 kg (un saco)	(1.00)
Arena	= 90 + 2.7 = 92.7 kg	(1.85)
Grava	= 173 kg	(3.46)

En este caso, el requerimiento de agua aumenta a 28 lt para obtener los 10 cm de revenimiento y la mezcla se aprecia con buena manejabilidad. El peso volumétrico del concreto fresco, determinado, resulta igual a 2 380 kg/m³; por consiguiente, el volumen de la revoltura es:

$$\frac{50 + 92.7 + 173 + 28}{2\ 380} = \frac{343.7}{2\ 380} = 0.144\ m^3 = 144\ lt$$

que es el que se encuentra en la tabla 3.4, cuando el peso específico de los agregados se halla entre 2.55 y 2.65.

Considerando que la capacidad nominal de una revolvedora 11" S" es igual a once pies cúbicos, es decir, 311 litros de concreto, en ella se pueden fabricar revolturas de este concreto empleando la siguiente cantidad máxima de cemento:

$$\frac{311}{144} = 2.16\ sacos = 108\ kg$$

Para fines prácticos, si el cemento se dosifica por sacos, ~~las cantidades de materiales por revoltura pueden quedar como sigue:~~

Cemento	= 100 kg (2 sacos)
Árena	= 185 kg
Grava	= 346 kg
Agua	= 56 lt

y el consumo de cemento por m³ de concreto, sería:

$$\frac{100\ kg}{0.288\ m^3} = 347\ kg/m^3$$

TABLA 3.1 INFLUENCIA APROXIMADA QUE EJERCEN DIVERSAS CLASES DE CEMENTO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

PROPIEDADES DEL CONCRETO	CLASES DE CEMENTO							
	Portland I	Portland II	Portland III	Portland IV	Portland V	EAT	Portland puzolana	Portland escoria
A) <u>En estado fresco:</u>								
A-1 Manejabilidad y cohesión	Normal	Normal	Lig mayor	Lig menor	Normal	Normal	Lig mayor	Normal
A-2 Capacidad de reten- ción de agua	Normal	Normal	Lig mayor	Lig menor	Normal	Normal	Lig mayor	Normal
A-3 Tiempo de fraguado	Normal	Normal	Lig menor	Lig mayor	Normal	Normal	Normal	Normal
<u>En estado endureci- do:</u>								
B-1 Velocidad para ob- tener resistencia mecánica	Regular	Lig baja	Alta	Baja	Lig alta	Lig alta	Lig baja	Regular
B-2 Resistencia al ata- que por sulfatos	Baja	Regular	Baja	Regular	Alta	Alta	Lig alta	Lig alta
B-3 Resistencia a las aguas muy puras o con alto CO ₂	Baja	Regular	Baja	Regular	Lig alta	Lig alta	Alta	Alta
B-4 Velocidad para ge- nerar calor de hi- dratación	Lig alta	Regular	Alta	Baja	Regular	Regular	Lig baja	Lig baja
B-5 Contracción por se- cado en la pasta de cemento	Regular	Regular	Lig alta	Lig baja	Regular	Regular	Lig alta	Regular

TABLA 3.2 CONCRETO CON TAMAÑO MÁXIMO 19 mm (3/4 pulg). CANTIDADES DE MATERIALES, EN PESO, PARA REVOLTURAS DE UN SACO DE CEMENTO (50 kg)

f _{cr} * en kg/cm ²	A/C**	Mezclas opcionales	Arena lig. fina 2.30 < MF < 2.60		Arena mediana 2.60 < MF < 2.90		Arena lig. gruesa 2.90 < MF < 3.20	
			Arena kg	Grava kg	Arena kg	Grava kg	Arena kg	Grava*** kg
175	0.72	A	132	190	142	180	151	171
		B	138	184	148	174	158	164
		C	145	177	154	168	164	158
200	0.68	A	117	179	126	170	134	162
		B	123	173	132	164	140	156
		C	129	167	138	158	147	149
225	0.64	A	105	169	113	161	121	153
		B	110	164	118	156	127	147
		C	116	158	124	150	132	142
250	0.60	A	94	160	102	152	109	145
		B	99	155	107	147	114	140
		C	104	150	112	142	119	135
275	0.56	A	84	151	91	144	98	137
		B	89	146	96	139	103	132
		C	93	142	100	135	108	131
300	0.53	A	75	142	81	136	88	129
		B	79	138	86	131	92	125
		C	84	133	90	127	97	120
325	0.49	A	67	134	73	128	79	122
		B	71	130	77	124	83	118
		C	75	126	81	120	87	114
350	0.46	A	59	126	64	121	70	115
		B	63	122	68	117	74	111
		C	66	119	72	113	77	108
400	0.40	A	45	113	50	108	55	103
		B	48	110	53	105	58	100
		C	51	107	56	102	61	97

* Resistencia promedio requerida (tabla 1.2)

** Relación agua/cemento neto, en peso, que teóricamente se requiere

*** Los pesos de arena y grava tabulados corresponden a materiales secos al ambiente y sin defectos de clasificación. El peso de arena debe incrementarse en 3 por ciento si está húmeda, y en 6 por ciento si está saturada. No es aconsejable usar arena o grava muy mojadas; conviene dejarlas drenar 24 horas, por lo menos, de usarlas. Si los agregados tienen defectos de clasificación (sub y sobretas) los pesos de la tabla deben corregirse conforme a 4.2.2 b)

TABLA 3.3 CONCRETO CON TAMAÑO MÁXIMO 38 mm (1 1/2 pulg). CANTIDADES DE MATERIALES, EN PESO, PARA REVOLTURAS DE UN SACO DE CEMENTO (50 kg)

f _{cr} * en kg/cm ²	A/C**	Mezclas opcionales	Arena lig. fina 2.30 < MF < 2.60		Arena mediana 2.60 < MF < 2.90		Arena lig. gruesa 2.90 < MF < 3.20	
			Arena kg	Grava kg	Arena kg	Grava kg	Arena kg	Grava*** kg
175	0.72	A	130	242	142	230	153	219
		B	138	234	149	223	160	212
		C	145	227	156	216	168	204
200	0.68	A	117	231	128	220	138	210
		B	124	224	135	213	145	203
		C	132	216	142	206	152	196
225	0.64	A	107	222	117	212	127	202
		B	114	215	124	205	134	195
		C	121	208	131	198	141	188
250	0.60	A	96	207	105	198	114	189
		B	102	201	111	192	120	183
		C	108	195	117	186	126	177
275	0.56	A	87	195	96	186	104	178
		B	93	189	102	180	110	172
		C	99	183	107	175	116	166
300	0.53	A	79	184	87	176	95	168
		B	84	179	92	171	100	163
		C	90	173	98	165	106	157
325	0.49	A	71	171	78	164	85	157
		B	76	166	83	159	90	152
		C	81	161	88	154	95	147
350	0.46	A	63	161	70	154	77	147
		B	68	156	75	149	81	143
		C	72	152	79	145	86	138
400	0.40	A	49	140	55	134	61	128
		B	53	136	59	130	64	125
		C	57	132	62	127	68	121

* Resistencia promedio requerida (tabla 1.2)

** Relación agua/cemento neto, en peso, que teóricamente se requiere

*** Los pesos de arena y grava tabulados corresponden a materiales secos al ambiente y sin defectos de clasificación. El peso de arena debe incrementarse en 3 por ciento si está húmeda, y en 6 por ciento si está saturada. No es aconsejable usar arena o grava muy mojadas; conviene dejarlas drenar 24 horas, por lo menos, antes de usarlas. Si los agregados tienen defectos de clasificación (sub y sobretamaños), los pesos de la tabla deben corregirse conforme a 4.2.2 b)

TABLA 3.4 VOLUMENES DE CONCRETO QUE DEBEN PRODUCIRSE POR SACO DE CEMENTO, PARA DIFERENTES RESISTENCIAS PROMEDIO REQUERIDAS, SEGUN PESO ESPECIFICO Y TAMAÑO MAXIMO DE LOS AGREGADOS

f_{cr} , en kg/cm ²	VOLUMEN APROXIMADO DE CONCRETO, EN LITROS, PARA REVOLTURAS DE UN SACO DE CEMENTO					
	Peso específico 2.45		Peso específico 2.55		Peso específico 2.65 *	
	Tamaño máx, 19 mm	Tamaño máx, 38 mm	Tamaño máx, 19 mm	Tamaño máx, 38 mm	Tamaño máx, 19 mm	Tamaño máx,** 38 mm
175	187	207	181	200	176	193
200	175	195	169	189	164	182
225	163	185	158	179	153	173
250	153	172	148	166	144	161
275	143	162	138	156	134	151
300	134	152	130	147	126	142
325	125	142	121	137	118	133
350	117	133	114	128	110	124
400	103	115	100	111	97	108

* Peso específico medio de los agregados, en condición saturada y superficialmente seca.

** Tamaño máximo de la grava, en mm.

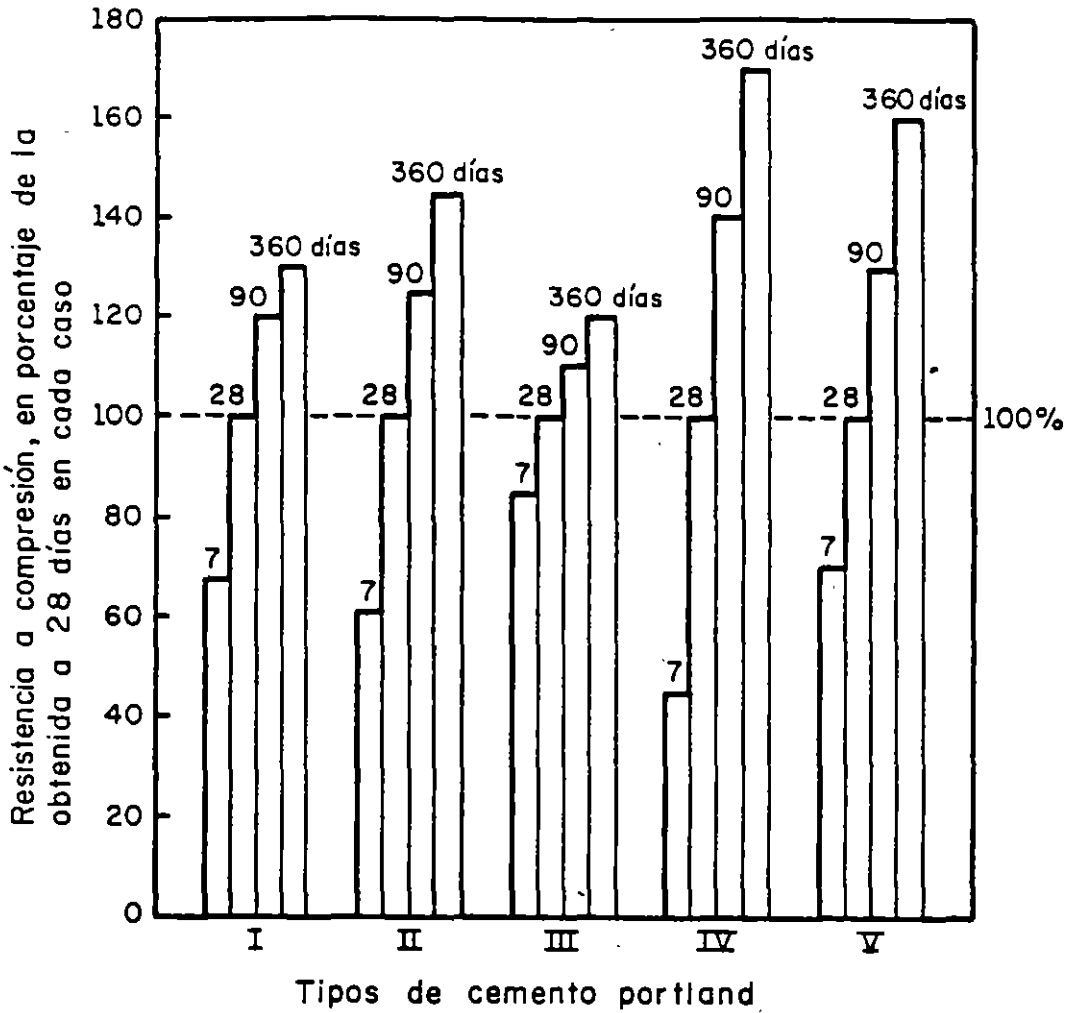


Fig 3.1. Incrementos de resistencia a compresión del cemento portland a diversas edades (7, 28, 90 y 360 días)

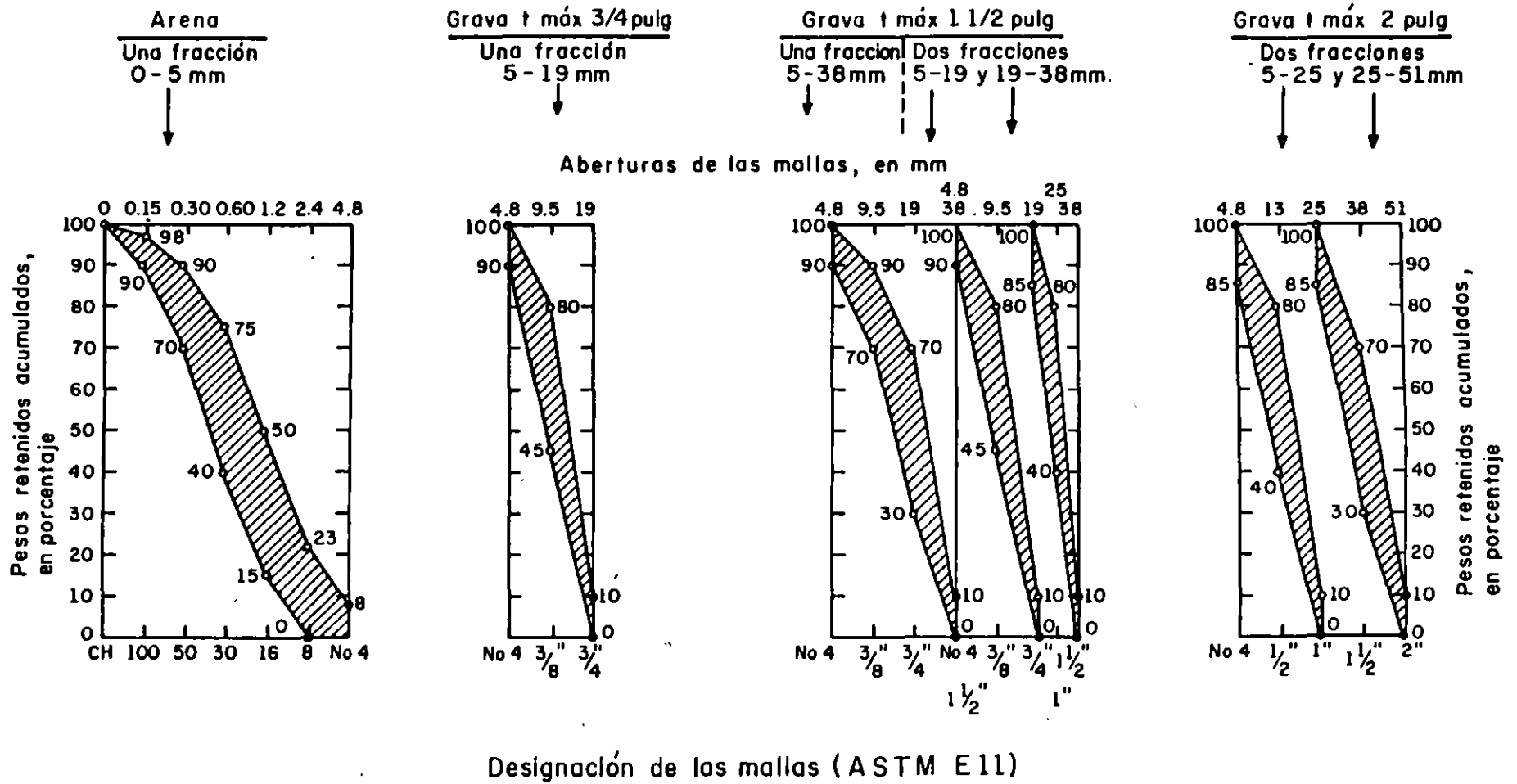


Fig 3.2. Límites granulométricos recomendables para los agregados

4. PRODUCCION DE CONCRETO

4.1 Acopio de materiales

4.1.1. Cemento

Existen dos formas acostumbradas para suministrar el cemento: envasado en sacos de papel de 50 kg cada uno y a granel. El suministro a granel se ha limitado generalmente a las obras mayores en que se requieren grandes cantidades de cemento, o bien a plantas de concreto premezclado y de fabricación de productos de concreto que son consumidores permanentes. En los demás casos, el suministro se hace en sacos.

Aun cuando el abastecimiento a granel puede representar ~~ventaja económica por la supresión de los envases, y tiene la conveniencia técnica de obligar a dosificar el cemento por peso,~~ es necesario reconocer que la situación normal en las obras menores consiste en manejar sacos. A continuación se incluyen algunas recomendaciones pertinentes relativas al abastecimiento del cemento en las obras menores.

a) Debe seleccionarse la clase o tipo adecuados a la obra por construir, conforme a lo indicado en 3.1.1. En cuanto a la selección de la marca más conveniente, es necesario tomar en cuenta factores económicos

(distancia y precio) y la posible existencia de registros de calidad que sean accesibles al consumidor. En este aspecto conviene suponer que, aun que existen especificaciones de calidad mínima que el cemento debe satisfacer, pueden existir diferencias apreciables (generalmente en exceso de los límites de las especificaciones) entre cementos de diferentes procedencias.

b) Una vez definidos clase o tipo y marca del cemento, conviene mantenerlos constantes en el curso de la obra, salvo que se presenten circunstancias especiales que obliguen a un cambio.

c) Si el cemento se recibe por conducto de un intermediario, es recomendable investigar las condiciones y el tiempo que ha permanecido almacenado. Si el cemento presenta terrones que no se deshagan con la presión de los dedos o bien si su antigüedad es mayor de 3 meses, es preferible no aceptarlo, excepto que se pueda comprobar su calidad mediante pruebas de laboratorio.

d) Al recibir el cemento debe almacenarse en condiciones que eviten su posible hidratación y faciliten su consumo en el orden cronológico de llegada. Para esto es necesario disponer de un local adecuado, con ambiente seco. Conviene tener presente que los cementos más finos (como el portland tipo III) manifiestan tendencia a hidratarse más rápidamente.

e) Es costumbre almacenar los sacos de cemento formando pilas, con objeto de aprovechar al máximo el espacio disponible. Se ha encontrado cómodo, para mejorar la estabilidad de estas pilas, formarlas por capas de sección cuadrada, constituidas por dos, cuatro o más sacos, orientados alternativamente en posiciones que formen ángulo recto. Conviene limitar la altura de las pilas, por comodidad, según los medios disponibles para el apilamiento de los sacos. Debe evitarse que los sacos tengan contacto

con las paredes del local y con el piso, si éste no es de madera. Asimismo, debe dejarse, entre pilas contiguas, espacio suficiente para las maniobras de descarga.

f) El cemento que se disperse por rotura de sacos debe recuperarse a la brevedad posible, a fin de evitar su hidratación y su contaminación con cuerpos extraños. Este cemento puede destinarse a trabajos secundarios, como fabricación de mortero para mampostería, concreto para firmes y otros.

g) Conviene distinguir entre los terrones que se forman por hidratación incipiente del cemento y los que se producen por compactación de los sacos en las capas inferiores de una pila. Los segundos normalmente se desbaratan con facilidad mediante una ligera presión con los dedos; de ser así, y si el cemento tiene menos de 3 meses de almacenamiento, puede emplearse sin mayores requisitos; de lo contrario, es recomendable obtener una muestra y remitirla a un laboratorio para que verifique su estado. Dicha muestra puede consistir en un saco completo.

h) Es recomendable comprobar periódicamente el peso de los sacos, para el cual existe una tolerancia oficial de ± 0.750 kg respecto al teórico (50 kg). Para esto conviene tomar al azar un mínimo de 50 sacos y pesarlos en una báscula de precisión verificada. Si el promedio obtenido resulta menor de 50 kg, se recomienda corregir las cantidades de arena y grava dadas en las tablas 3.2 y 3.3 para revolturas de un saco de cemento, ajustándolas al peso promedio determinado.

i) Para el colado de estructuras o partes de la obra que sean especialmente importantes, es conveniente procurar que todo el cemento necesario proceda de un mismo lote, con objeto de propiciar más uniformidad en este aspecto.

4.1.2 . Agregados

Una vez aceptada la fuente de donde deben obtenerse los agregados para el concreto, es necesario ponerlos en las condiciones requeridas y hacerlos llegar hasta el equipo de dosificación y mezclado en las mismas condiciones.

Si los agregados proceden de un depósito natural aceptado y las partículas que los constituyen son de naturaleza uniforme, hay dos características que por su tendencia a variar deben ser vigiladas estrechamente: la composición granulométrica y el contenido de impurezas tales como limo, arcilla y materia orgánica. Cuando el depósito se manifieste variable en estos aspectos, será conveniente, desde el principio de su explotación, tratar de delimitar aquellas zonas que presenten características mejores y más uniformes. Los ensayos que se efectúan para lograr dicho fin se describen en el cap 6.

Si los agregados deben producirse por trituración de una roca cuya calidad fue aceptada, el primer aspecto que debe definirse es el relativo al equipo más idóneo para efectuar la fragmentación. En este sentido deben considerarse las características particulares de la roca disponible, tales como dureza, resistencia, textura, abrasividad y presencia de planos débiles, y también las dimensiones de los fragmentos que requieren producirse. De la información que suministra un estudio petrográfico de la roca (orientado con esta finalidad) y la que proporcionan los catálogos de los fabricantes de equipo, resulta posible muchas veces seleccionar el proceso adecuado para producir fragmentos de buena forma, con la granulometría requerida. De manera general pueden mencionarse algunas situaciones y limitaciones que conviene tener presentes.

Resulta más fácil producir grava que arena, mediante un proceso de trituración. En atención a esta restricción, deben examinarse todas las posibilidades existentes para obtener arena natural, antes de intentar producirla por trituración.

Las rocas duras y resistentes, con granos fuertemente entrelazados, representan una materia prima difícil, pues tienden a producir frag~~men~~tos lajeados e inducen mayor desgaste del equipo.

Las quebradoras de quijadas producen mejores resultados cuando solamente se destinan a trituración primaria, con objeto de alimentar un equipo secundario (giratorio, de impacto o de rodillos) que produzca la reducción al tamaño requerido.

Las formas indeseables (3.1.2a), se acentúan a medida que los frag~~men~~tos son menores. Al producir grava, este defecto puede atenuarse obteniendo los fragmentos más chicos mediante recirculación a costa de incrementar el desperdicio.

Independientemente de si los agregados proceden de depósi~~tos~~ naturales o se producen por trituración de rocas, es necesario someter~~los~~ a un proceso de cribado eficiente, a fin de separarlos en las fraccio~~nes especificadas para la obra. Siempre que sea posible, debe preferirse~~ el empleo de cribas vibratorias con alimentación de agua. El uso de esta, en cantidades suficientes, facilita el cribado y permite eliminar algunas impurezas. Conforme a lo señalado en 2.5, el cribado defectuoso de los agregados es una deficiencia que se padece frecuentemente en las obras manores y es, tal vez, una de las que más contribuyen a incrementar la variabilidad del concreto durante su producción. En la tabla 4.1 se presentan los límites que se consideran aceptables para los defectos de cribado de los agregados en las obras menores.

Cuando los agregados salen del equipo de cribado, puede su ponerse que poseen un cierto grado de uniformidad que es necesario conser var hasta que lleguen al equipo mezclador del concreto. En este lapso, los agregados cribados normalmente requieren ser almacenados para quedar en disponibilidad de ser utilizados cuando se requieran. Se presentan al gunas recomendaciones para evitar segregación durante las operaciones de almacenamiento de los agregados y para su utilización.

a) Evítese la formación de grandes pilas únicas de forma cónica, porque esto, ineludiblemente, facilita la segregación de las partículas más grandes que tienden a rodar y acumularse en la base de la pila. Es preferible construir los almacenamientos mediante la acumulación sucesiva de montones reducidos, o bien extendiéndolos horizontalmente para formar terrazas de poca altura. Si esto no es posible por falta de espacio y/o de equipo adecuado, colóquense mamparas que limiten el desplazamiento de los agregados (fig 4.1a).

b) Evítese que el viento disperse la arena en el punto de descar ga; esto se logra colocando un tubo o una pantalla de protección (fig 4.1b).

c) Impídase que los almacenamientos de agregados diferentes se mez clen entre sí por quedar demasiado próximos. Si el espacio disponible pa ra almacenar es reducido, conviene colocar muros o mamparas divisorias en tre almacenamientos contiguos (fig 4.1c).

d) No se almacenen los agregados directamente sobre el terreno na tural, porque se producen contaminaciones al recogerlos. Es recomendable preparar una plantilla de asfalto, suslo-cemento o concreto pobre, o bien colocar una capa de grava apisonada antes de almacenar. Asimismo, convie ne disponer una ligera pendiente en el terreno para facilitar el drenaje del agua que escurra a través de los agregados y propiciar la uniformidad en su contenido de humedad (fig 4.1d).

e) Se recomienda disponer en la obra de los medios para corregir las proporciones teóricas en que deben dosificarse los agregados, conforme a su grado de humedad y contenido de tamaños ajenos a las diversas fracciones separadas, según procedimiento que se describirá más adelante. Para facilitar estas operaciones, es conveniente disponer de almacenamientos cuya capacidad permita definir y muestrear los agregados que se van a utilizar durante las siguientes 24 horas, sin que resulten alterados en ese lapso por nuevas aportaciones sobrepuestas. Esta facilidad también permite dejar drenar, durante un mínimo de 24 horas antes de su utilización, cualquier porción de arena o grava que se encuentre almacenada en estado de sobresaturación.

4.2 Dosificación de materiales

4.2.1 Cemento

Según lo expuesto previamente, (3.2.2a), lo recomendable en la dosificación del cemento es pesar directamente las cantidades indicadas para elaborar cada revoltura. En su defecto, dosificar sacos completos considerándoles el peso teórico (50 kg) o bien el peso promedio determinado según 4.1.1h. No se debe dosificar el cemento por fracciones de sacos ni tampoco hacerlo por volumen.

Si el cemento se pesa, conviene hacerlo en un recipiente separado de los agregados para evitar que la eventual humedad de estos pueda producirle aglomeraciones o tendencia a adherirse en las paredes del recipiente. Si se le administra por sacos, pueden hacerse arreglos para incorporarlo directamente a la mezcladora simultáneamente con el vaciado de los agregados.

Es particularmente recomendable adoptar medidas que eviten la pérdida de cemento durante su vaciado a la mezcladora, ya que esto pue

de ser causa permanente de disminución en la resistencia prevista.

4.2.2 Agregados

Conviene disponer de los agregados separados en, por lo menos, dos fracciones (arena y grava) cuando el tamaño máximo no sobrepase 38 mm (1 1/2 pulg). Cuando el tamaño máximo exceda esta dimensión, será necesario que la grava se divida a su vez en dos fracciones, por lo menos. Las siguientes recomendaciones para su dosificación son independientes de si los agregados se encuentran separados en dos, tres o más fracciones.

a) Conforme a lo anotado en 2.5, la falta de precisión en la dosificación de los agregados es una de las causas más frecuentes de variación en la calidad del concreto, en obras menores. Esto se deriva de la práctica inconveniente de hacer esta dosificación mediante la medición de volúmenes en vez de hacerlo por pesadas. Es necesario crear conciencia en el pequeño constructor, de que es indispensable dosificar los agregados por peso, si se quiere obtener un nivel adecuado en la calidad de todo el concreto que se produzca.

El equipo más simple para pesar los agregados consiste en una báscula de plataforma, con barra para descontar el peso de los recipientes vacíos, los cuales con frecuencia son botes de lámina de 18 lt de capacidad, aproximadamente, o bien carretillas provistas con ruedas neumáticas. Al aplicar este sistema, es útil disponer de tantas básculas como fracciones de agregados haya que dosificar, y procurar que todos los recipientes vacíos tengan el mismo peso aproximado, para que la operación de destarar no tenga que repetirse continuamente. De esta manera, las pesadas se pueden hacer en forma expedita colocando el recipiente vacío sobre la plataforma y vertiendo agregados hasta que el fiel se nivele.

A medida que se requiere mayor precisión en las dosificaciones, los equipos tienden a ser más complejos. El siguiente paso en cuanto a precisión, lo constituyen las plantas dosificadoras, de las cuales hay una gran variedad. Las más sencillas y de menor capacidad disponen de una tolva pesadora única donde todas las fracciones de agregados se pesan acumuladamente; al aumentar la capacidad se impone la necesidad de disponer una tolva pesadora para cada fracción. Si el peso se hace acumulado se admite una tolerancia de 1 por ciento, y si es individual, de 2 por ciento; este último sería el caso de la báscula de plataforma.

b) Para que las cantidades efectivas de todas las fracciones de agregados que se pesen para cada revoltura correspondan a las teóricamente supuestas y se mantengan aceptablemente uniformes en el curso de la producción del concreto, es necesario tomar en cuenta y corregir los efectos que producen sus variaciones inherentes, relativas a deficiencias de cribado y contenidos de humedad.

Las deficiencias de cribado, también conocidas como contaminaciones granulométricas, se refieren a las partículas de agregado que son más chicas o más grandes que las comprendidas en el intervalo teórico abarcado por cada fracción separada. Las que son menores se denominan sub tamaños, y las mayores, sobretamaños. Así, la arena, cuyo intervalo teórico ~~comprende partículas entre la malla No 200 (74 micras)~~ y la malla No 4 (4.8 mm) suele contener una cierta cantidad de fragmentos menores que se consideran impurezas (limo, arcilla) y mayores que deben ser considerados como grava. De igual manera, a la grava con tamaño máximo nominal igual a 38 mm (1 1/2 pulg), por ejemplo, le correspondería un intervalo teórico de 4.8 a 38 mm, pero también puede contener fragmentos menores que deben ser tratados como arena y mayores, que aun siendo gravas, conviene restringir para evitar que obstruyan la colocación del concreto a través del acero de refuerzo.

La cuantificación de sub y sobretamaños requiere hacerse mediante cribado de una porción reducida de cada fracción de agregado, empleando mallas cuyas aberturas sean iguales a los límites del intervalo teórico que les corresponda. Una vez determinados los porcentajes de particulas ajenas al intervalo teórico, se procede a corregir las cantidades de agregados que deben pesarse en cada revoltura, con objeto de obtener nuevas cantidades cuya combinación conduzca a las cantidades teóricas previstas al hacer el proporcionamiento. En la tabla 4.2 se presenta un ejemplo numérico de la forma como se acostumbra llevar a cabo esta corrección granulométrica en las obras, considerando que se disponga de tres fracciones de agregados: arena (0-5 mm), grava 1 (5-19 mm) y grava 2 (19-38 mm).

Adaptando este ejemplo al caso de una obra menor, lo freuente sería disponer de solamente dos fracciones: arena (0-5 mm) y grava (5-38 mm), cuyas deficiencias de cribado, determinadas sobre muestras representativas cribadas en malla No 4 (4.8 mm), podrían ser así:

<u>Concepto</u>	<u>En la arena</u>	<u>En la grava</u>
Material retenido en malla		
No 4 (grava)	7.5 por ciento	90.0 por ciento
Material pasado por malla		
No 4 (arena)	92.5 por ciento	10.0 por ciento

Suponiendo que se trate de elaborar un concreto como el indicado en el ejemplo de 3.2.3, en el que hay que pesar 185 kg de arena (100 por ciento pasada por malla No 4) y 346 kg de grava (100 por ciento retenida en malla No 4) para cada revoltura de dos sacos de cemento, si se dosifican estas cantidades en las condiciones anteriores, se tendría:

Conceptos	Fracciones del agregado	
	Arena, en kg	Grava, en kg
Cantidades dosificadas (en condiciones disponibles)	185	346
Grava en la arena: 185×0.075		14
Arena en la arena: 185×0.925	171	
Grava en la grava: 346×0.90		311
Arena en la grava: 346×0.10	35	
Cantidades dosificadas corregidas (netas)	206	325

El resultado sería la inclusión real de 206 kg de arena neta, en lugar de los 185 kg previstos, esto es, 21 kg de más, y, consecuentamente, 21 kg de menos en la grava. Una forma sencilla para hacer la corrección consiste en disminuir 21 kg a la cantidad de arena que debe dosificarse, esto es, $185 - 21 = 164$ kg. La cantidad de grava sería entonces $346 + 21 = 367$ kg. La dosificación de estas cantidades conduciría a los siguientes resultados:

Conceptos	Fracciones del agregado	
	Arena, en kg	Grava, en kg
Cantidades dosificadas (en condiciones disponibles)	185	346
Grava en la arena: 164×0.075		12
Arena en la arena: 164×0.925	152	
Grava en la grava: 367×0.90		330
Arena en la grava: 367×0.10	37	
Cantidades dosificadas corregidas (netas)	189	342

En esta forma, la diferencia entre la cantidad de arena requerida (185 kg) y la verdaderamente incluida (189 kg) se ha reducido a solamente 4 kg en exceso. De manera que con una segunda aproximación, las cantidades definitivas serían:

$$\text{Arena} = 164 - 4 = 160 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = 367 + 4 = 371 \text{ kg}$$

Conviene hacer esta corrección directamente a partir de los datos de cantidades de agregados aportadas por las tablas 3.2 y 3.3. A continuación, debe efectuarse la segunda corrección por concepto de humedad, la cual solamente se ha previsto para la arena por considerarla de mayor significación. Como se indicó al pie de esas tablas, en las cantidades puestas como datos se ha considerado que la arena se encuentra seca al ambiente; se recomienda incrementarlas en 3 por ciento si la arena se encuentra húmeda (sin agua superficial), y en 6 por ciento si se encuentra saturada (con agua superficial). También se recomienda evitar el uso de arena con exceso de agua superficial (sobresaturada), siendo preferible dejarla drenar durante un lapso de 24 horas antes de usarla.

4.2.3 Agua

Es conveniente utilizar agua que provenga de una fuente conocida y, de preferencia, que existan antecedentes de haberla empleado en una aplicación similar. En donde sea posible, conviene usar agua de la red de abastecimiento. Debe evitarse el uso de agua que presente olor o color, excepto cuando pruebas físicas y químicas demuestren que la contaminación es inofensiva para el concreto.

El agua que debe incorporarse a cada revoltura puede dosificarse confiablemente por volumen cuando se dispone de un recipiente cali

orado, como el tanque con dispositivo de sifón mencionado en 2.2. Lo que por ningún motivo debe permitirse es la adición indiscriminada del agua, por conducto de quien solamente procura (erróneamente) facilitar el acomodo del concreto en las formas.

La incorporación del agua a la mezcladora debe hacerse, siempre que sea posible, simultáneamente con el resto de los materiales. A veces resulta práctico vaciar una porción reducida del agua dentro de la mezcladora vacía y, con esta en movimiento, agregar los materiales sólidos y el resto del agua en una operación gradual. Debe evitarse el vaciado repentino de cualquiera de los ingredientes del concreto.

4.2.4 Aditivos

Estos, independientemente de si son líquidos o sólidos, deben dosificarse junto con el agua de mezclado, después de hacer la solución respectiva (excepto algunos, que solamente deben usarse bajo control especial). Un requisito indispensable para usar dos aditivos simultáneamente es que sean compatibles y que al mezclarlos no se produzca precipitación.

Debe cuidarse que la concentración del aditivo no se modifique por evaporación procurando mantenerlo tapado y evitando preparar soluciones en cantidades mayores que las requeridas para un día de colado. Si el aditivo es sólido y se disuelve previamente en una cierta cantidad de agua, debe tomarse en cuenta al hacer la dosificación y disminuir el agua de mezclado en la cantidad de solución que deba añadirsele. Por ejemplo, un aditivo en polvo que se presenta en sacos de 50 kg debe dosificarse a razón de 150 g por cada saco de cemento. Para ponerlo en condiciones de ser dosificado, se disuelve cada saco en agua suficiente para llenar un recipiente de 200 lt. Así, para dosificar 150 g del producto, habrá que medir $\frac{200 \times 0.150}{50} = 0.6$ lt de la solución; de modo que si se fabrican revol

turas de dos sacos de cemento, habrá que disminuir en 1.2 lt el agua de mezclado y añadirle una cantidad igual de solución.

4.3 Mezclado, transporte y colocación

4.3.1 Mezclado del concreto

Esta operación tiene por finalidad lograr un contacto íntimo entre el agua y el cemento para formar una pasta homogénea y distribuir uniformemente las partículas de los agregados en el conjunto, de manera que cualquier porción de la mezcla presente la misma composición y, en consecuencia, obtenga las mismas propiedades al cabo del tiempo.

El mezclado del concreto debe hacerse mecánicamente para que se realice en un lapso razonablemente corto. Por ningún motivo debe permitirse el mezclado manual de concreto destinado a un miembro estructural. En algunas ocasiones se permite mezclar a mano pequeños volúmenes de mortero o concreto para trabajos secundarios (mamposterías, firmes, etc.), en cuyo caso se recomienda incrementar el contenido de cemento en 10 por ciento por lo menos.

Existen diversos tipos y capacidades de mezcladoras para concreto. Conforme a la distinción más usual, que se basa en el modo de mezclar, hay dos tipos principales: las de mezclado por gravedad y forzado. En el primero se hallan comprendidos los equipos que más se usan en las obras menores, esto es, las revolvedoras de tambor con todas sus variantes (fijas o basculantes, eje horizontal o inclinado, descarga por volteo o por marcha reversible, tambor y aspas fijos o giratorios, etc.). Las de mezcla forzada suelen denominarse de turbina, y se destinan preferentemente a la producción de concretos secos, razón por la cual son muy usadas en la industria de prefabricación de elementos de concreto.

En las mezcladoras de tambor existe la costumbre (proceden

te de EUA) de designar su capacidad en función del valor S, que equivale a un pie cúbico de concreto. Así, una mezcladora 115 (que aquí se conoce como de dos sacos) tiene capacidad nominal para mezclar 310 lt de concreto. Es conveniente operar estos equipos lo más cerca posible de su capacidad nominal, pues su eficiencia se reduce si se les hace trabajar con poca o con demasiada carga. Al respecto, conviene observar cómo varía el volumen de concreto que se produce en revolturas de un saco de cemento (tabla 3.4) conforme a la resistencia requerida, el tamaño máximo y el peso específico de los agregados. Por ejemplo, si se cuenta con una revoladora 115 para elaborar concreto con $f_{cr} = 175 \text{ kg/cm}^2$, tamaño máximo = 38 mm y peso específico = 2.45, solamente se podrán producir revolturas de un saco (si así se dosifica el cemento), puesto que revolturas de dos sacos producen un volumen aproximado de 418 lt de concreto, que es bastante mayor que la capacidad nominal del equipo. Por lo contrario, si el concreto a elaborar es $f_{cr} = 400 \text{ kg/cm}^2$, tamaño máximo = 19 mm y peso específico = 2.65, se podrán producir revolturas de tres sacos, cuyo volumen aproximado debe ser 294 lt de concreto, que es prácticamente la capacidad nominal del equipo. En el primer caso, para obtener el rendimiento adecuado del equipo, lo recomendable sería dosificar el cemento por peso (en vez de hacerlo por sacos), siendo así posible elaborar revolturas de 294 lt mediante pesadas de 70 kg de cemento. Otra posible solución sería cambiar el equipo de mezclado por otro de diferente tamaño, de manera que al producir revolturas con sacos completos, trabajara más cerca de su capacidad nominal.

El tiempo de mezclado mínimo que debe darse para alcanzar homogeneidad en la mezcla suele definirse en función de la capacidad nominal del equipo. En mezcladoras de tambor, los tiempos mínimos de mezclado especificados por el USBR (ref 4.1) contados a partir del momento en que todos los materiales se encuentran dentro de la mezcladora, son como sigue:

<u>Capacidad de mezcladora, en m³</u>	<u>Tiempo mínimo de mezclado, en min</u>
<1.50	1 1/2
1.50 - 2.25	2
2.25 - 3.00	2 1/2
3.00 - 3.75	2 3/4
3.75 - 4.50	3

En mezcladoras en que el mezclado es forzado, el tiempo mínimo requerido para alcanzar homogeneidad puede ser menor. Sin embargo, conviene tener presente que, con frecuencia, no es el tiempo de mezclado el que más influye en la duración del ciclo de producción de la mezcladora, sino las operaciones de pesaje, carga de los materiales y descarga del concreto. Con una buena coordinación de estas operaciones será posible conseguir ciclos que sean iguales al tiempo de mezclado, incrementado en uno o dos minutos, cuando más.

De cualquier manera, como la operación de mezclado del concreto tiene por finalidad obtener homogeneidad en la distribución de sus componentes, conviene poder discernir cuándo es homogénea la mezcla. Para ello existe la llamada prueba de eficiencia de mezcladoras, descrita en la Designación 26 del Manual de Concreto del USBA (ref 4.1), en la cual se determina la variabilidad de la mezcla, comparando peso volumétrico del mortero y contenido de grava, en dos porciones de la misma revoltura tomadas al principio y al final de la descarga de la mezcladora.

Un medio sencillo para comprobar si el concreto es homogéneo cuando sale de la mezcladora, consiste en tomar dos muestras de la misma revoltura, procurando interceptar el chorro de descarga con un recipiente adecuado. La primera muestra debe obtenerse durante la descarga de la primera cuarta parte del volumen mezclado y la segunda durante la descarga

de la última cuarta parte. A cada muestra debe determinársele revenimiento y peso volumétrico conforme a los procedimientos que se incluyen en 6.2.2. Además, deben elaborarse en cada caso tres cilindros estándar según el método expuesto en 6.2.3, para ensayarlos a 7 días de edad. Se considera que la revoltura es homogénea, si los resultados obtenidos en ambas muestras no manifiestan diferencias que excedan de los siguientes valores:

<u>Concepto</u>	<u>Máxima diferencia permisible</u>
1. Revenimiento	
a) Si el promedio es igual o menor de 10 cm	1.5 cm
b) Si el promedio es mayor de 10 cm	3.0 cm
2. Peso volumétrico	20 kg/m ³
3. Resistencia a compresión a 7 días de edad (promedio de 3 especímenes en cada muestra)	10 kg/cm ²

Si como resultado de estas pruebas se determina que la revoltura no es homogénea, esto puede relacionarse con varias causas posibles: tiempo de mezclado insuficiente, velocidad de rotación inadecuada (excesiva o insuficiente), desgaste en las espas, volumen de revoltura en exceso o defecto de la capacidad nominal, o falta de idoneidad en el equipo para mezclar eficientemente la clase de concreto que se produce, conforme a consistencia especificada (revenimiento) y tamaño máximo de agregado. Algunas de estas causas pueden ser corregibles, pero otras pueden requerir que se cambie el equipo mezclador por otro más adecuado.

En ocasiones, aunque la revoltura se aprecie homogénea en el interior de la mezcladora en movimiento, puede disgregarse durante la

operación de descarga. Este efecto se intensifica cuando la operación se hace lentamente, a fin de verter porciones en diferentes recipientes. Para evitarlo, se recomienda vaciar toda la revoltura, en una sola operación de descarga, dentro de un recipiente único de capacidad adecuada, desde donde pueda distribuirse a los recipientes del equipo de transporte, en caso de que así se requiera.

Es frecuente que la primera revoltura que se produzca resulte con aspecto excedido en grava, debido al mortero que se adhiere en el interior de la mezcladora. Esto se evita mezclando inicialmente una pequeña revoltura de mortero que se desperdicie, o bien incrementando en 10 por ciento las cantidades de cemento y arena que se dosifiquen para hacer la primera revoltura de concreto.

4.3.2 Transporte y colocación del concreto

Estos movimientos corresponden a lo que también se denomina puesta en obra del concreto, es decir, su traslado desde la mezcladora hasta el interior de las cimbras que deben dar forma a la estructura que se construya. La mayoría de las veces este traslado se divide en dos etapas: el transporte desde la descarga de la mezcladora hasta un punto inmediato a la estructura, y la colocación desde este hasta el interior de las cimbras.

a) Transporte. Debe efectuarse cuidando que se satisfagan dos requisitos esenciales: que sea lo suficientemente rápido para evitar que el concreto se seque y pierda revenimiento antes de ser colocado, y que sea eficaz para evitar que se produzca segregación y pérdida de mortero o lechada.

Existen diversos medios y equipos en uso para transportar concreto, aunque no todos son aptos para cumplir los requisitos anteriores.

Los que se emplean con mayor frecuencia son:

Carretillas y vagonetas

Malacates y montacargas

Tubos y canalones

Camiones de varios tipos

Botes accionados por grúas o cablevías

Bandas transportadoras

Bombas de concreto

Transportadores neumáticos

Para la elección del más adecuado, se requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos principales: volumen de concreto a transportar; distancias mínima, media y máxima; consistencia especificada (reventamiento) y tamaño máximo del agregado en las mezclas; accesibilidad y medios disponibles para colocar el concreto dentro de las cimbras.

Las carretillas y vagonetas (de mano o mecanizadas) son equipos de bajo costo, útiles para mover volúmenes reducidos en distancias cortas, razones por las cuales se les encuentra frecuentemente en las obras menores. Habilitando vías de tránsito cómodas y expeditas, y contando con ruedas neumáticas, es posible obtener resultados aceptables si se les utiliza en número suficiente.

Los malacates y montacargas se emplean para salvar desniveles y espacios poco accesibles, moviendo volúmenes reducidos en distancias cortas. Es decir, su aplicación y rendimiento es comparable al de carretillas y vagonetas, a las cuales suelen suplir o complementar.

Los tubos y canalones son los dispositivos más simples que se emplean para el descenso del concreto. Debido a su bajo costo y facilidad de adaptación, constituyen un procedimiento bastante utilizado en las

obras menores. Aunque son innegables dichas ventajas, su aplicación des cuidada conduce invariablemente a segregar el concreto y promueve defectos de construcción. Considerando que no es práctico proscribir su uso, se es tima necesario enumerar algunas recomendaciones para mejorar los resultados que puedan obtenerse con su aplicación, principalmente en el caso de los ca nalones:

No debe permitirse que el uso de canalones obligue a emplear mezclas fluidas por ese solo hecho. La consistencia de las mezclas debe ser determinada por las características de la estructura y la faci lidad que esta ofrezca para colocar y acomodar el concreto, observándose como norma el empleo de la consistencia menos fluida que sea posible.

Los canalones que mejores resultados producen son los metálicos, o de madera forrada de lámina, con sección semicircular o semejante, provistos con una tapa que proteja al concreto del sol, el viento y la lluvia.

Deben tener una pendiente uniforme en todo su desarrollo, la cual debe ser suficiente para permitir que el concreto deslice, pero no tanta que produzca segregación.

En el extremo de descarga deben colocarse tubos de forma troncocón nica, también llamados "trompas de elefante", para confinar el concre to, reducir su velocidad de caída, obligarlo a que descienda ver ticalmente dentro de las cimbras y disminuir su altura de caída li bre.

Antes de vaciar el concreto por primera vez, y en cada ocasión que el sol y el viento lo justifiquen, puede permitirse mojar los cana lones, siempre y cuando el agua que escurra no se mezcle con el concre to.

Los camiones también son equipos en que se transporta frecuentemente el concreto en las obras menores. De ellos, existen dos tipos principales: los que cuentan con una revolvedora de tambor integrada (camión mezclador) y los habilitados con una caja de volteo. Los primeros, que se utilizan en la industria del concreto premezclado, permiten conservar homogéneo el concreto aun en distancias grandes de acarreo. Su única limitación estriba en no poder operar con mezclas de muy bajo revenimiento, la cual es inherente al tipo de revolvedora con que cuentan. Entre los segundos, existen variantes de acuerdo con la geometría de la caja y la posibilidad de adaptación de espas para agitar el concreto. En términos generales, puede considerarse que el camión de volteo común y corriente de caja rectangular no es un equipo adecuado para transportar concreto, por los inconvenientes que presenta: si la mezcla tiene consistencia fluida, sus ingredientes se clasifican con facilidad durante el transporte de acuerdo con su peso específico; si la mezcla es de consistencia seca, resulta difícil su descarga con la simple inclinación de la caja. La adaptación de cajas con diseño más apropiado alivia estos inconvenientes pero no los elimina totalmente. A veces, mediante la incorporación de espas agitadoras, se obtienen mejores resultados.

~~Como en el caso de los canalones, los camiones de volteo~~ son equipos cuyo uso para transportar concreto se encuentra muy arraigado en las obras menores, a pesar de los defectos señalados. Esto puede atribuirse a su gran radio de acción, su aptitud para hacer llegar el concreto a diversos puntos de la obra y su costo relativamente bajo. Tomando en cuenta estas ventajas, no parece fácil evitar que se continúen empleando. Por lo tanto, es oportuno hacer algunas recomendaciones para obtener mejores resultados:

No se deben transportar en camiones de volteo mezclas demasiado

fluidas. Si es imposible evitarlo debe procurarse que la caja sea estanca para impedir fugas y debe proveerse un medio para remezclar el concreto en el punto de descarga, a fin de restituir su homogeneidad antes de colocarlo dentro de las cimbras.

Cuando se transporten mezclas demasiado secas, puede facilitarse su descarga adaptando a la caja un vibrador exterior, o bien haciendo uso de uno de inmersión.

Deben taparse las cajas de volteo durante el transporte, con objeto de proteger el concreto contra los efectos del sol, el viento y la lluvia.

No debe permitirse el uso de camiones de volteo cuando el tiempo de transporte sea excesivo y, a pesar de todas las precauciones, la mezcla pierda más de 2.5 cm de revenimiento (si este es de 10 cm o menor) o más de 4 cm (si es de 11 cm o mayor) desde la salida de la mezcladora hasta el lugar de entrega.

Los botes accionados por grúas o cablevías constituyen, tal vez, el equipo más idóneo para transportar concreto en distancias cortas, e inclusive colocarlo dentro de las cimbras, pues no producen segregación y son aptos para mezclas de consistencia seca. Los botes o cubos para concreto están provistos de una compuerta inferior que hace expedito el vaciado por gravedad. Se recomienda su uso en obras en que se disponga de equipo mecánico para movilizarlos.

Las bandas transportadoras, bombas de concreto y transportadores neumáticos son equipos especializados en el transporte y colocación de concreto que, mediante una operación adecuada, suelen ser eficaces. Su costo, más elevado que el de los equipos precedentes, limita sus aplicaciones en las obras menores. Cuando sea necesario utilizarlos, se recomienda

consultar primero la información técnica del fabricante y la que se encuentra en varias de las referencias bibliográficas de este capítulo (refs 4.2 a 4.4).

b) Colocación. La operación propiamente dicha de colocar el concreto consta de los arreglos que se hacen para introducirlo en el espacio delimitado por las cimbras que configuran la estructura. Algunos equipos de transporte de concreto, como las bombas, cumplen también con el objetivo de colocarlo; pero otros, como los camiones, solamente lo aproximan a la estructura. La mayoría de las veces es necesario emplear dos o más sistemas de desplazamiento del concreto, que se complementan para transportarlo y colocarlo.

Muchos de los defectos de construcción más comunes se atribuyen a prácticas inadecuadas durante la colocación del concreto. Para contribuir a que sean menos frecuentes, se incluyen las recomendaciones que siguen:

No se debe colocar concreto que se reciba previamente segregado, pues lo normal es que las operaciones subsecuentes tiendan a incrementar la segregación, en vez de reducirla. Es preferible corregir las fallas que ocurran en la etapa previa o bien remezclar el concreto antes de colocarlo.

El concreto no debe descender en caída libre desde el extremo de descarga de un canalón, una banda o de la tubería de una bomba, no importa qué tan reducida sea la altura. Como práctica invariable deben colocarse tubos cónicos rígidos (trompas de elefante), mangueras flexibles de diámetro no menor de 20 cm, o simples mamparas deflectoras, a fin de reducir la velocidad de caída del concreto y obligarlo a que incida verticalmente sobre la superficie de colocación.

Debe evitarse el desplazamiento horizontal del concreto dentro del área de colocación. Para lograrlo deben hacerse arreglos para que el concreto se deposite en diversos puntos que abarquen todo el espacio por llenar.

Evítense las acumulaciones de concreto en un mismo punto de descarga o su colocación mediante capas con demasiado espesor, pues en ambos casos se forman taludes donde el agregado grueso se segrega y, además, no es posible darle compacidad adecuada. Para concreto estructural, es necesario que el espesor de las capas horizontales no exceda de 50 cm.

Debe evitarse la formación de juntas frías entre dos capas sucesivas, debido a falta de planeación en la colocación. Tomando en cuenta la velocidad con que el concreto puede colocarse y su tiempo de fraguado inicial, deben localizarse las juntas de construcción, de modo que el tiempo de colocación de una capa que abarque toda el área de colado sea inferior al tiempo de fraguado inicial del concreto. De esta manera puede conseguirse que al colocar una nueva capa, el concreto de abajo todavía se encuentre en estado plástico y pueda crearse "fusión" entre ambas capas al ser sometidas a vibración.

4.4 Acomodo, acabado y curado

4.4.1 Acomodo del concreto

Es la operación según la cual el concreto recién colocado dentro de las cimbras, se somete a acciones que le permiten fluir para llenar todo el espacio confinado por las mismas. Con estas acciones se persigue también expulsar la mayor cantidad posible del aire que se encuentre atrapado dentro del concreto, es decir, se busca suministrarle la máxima

compacidad. Esto último ha dado motivo para llamar compactación del con
creto al proceso de acomodarlo.

La práctica obligada para acomodar el concreto consiste en someterlo a vibraciones, por medio de equipos vibradores que suelen ser de tres clases diferentes: a) los de inmersión, que actúan sumergidos en el concreto; b) los externos, que se adosan a las cimbras; c) los de superficie, que se emplean apoyados sobre el concreto. De ellos, los de inmersión son los más aptos y eficaces en diversas condiciones de trabajo. En consecuencia, son tal vez los más usados.

Los vibradores pueden ser accionados por medio de electricidad, aire a presión o gasolina, siendo preferibles los dos primeros me
dios. Los equipos vibradores movidos por motores de gasolina, son poco confiables por su tendencia a fallar y su menor eficacia para acomodar mez
clas de muy bajo revenimiento; por lo tanto, solo conviene emplearlos en las obras en que no se disponga de las otras fuentes de energía.

Muchas de las especificaciones actuales establecen que el concreto se acomode preferentemente por medio de vibradores de inmersión, eléctricos o neumáticos, que estando sumergidos en el concreto manifiesten una frecuencia de vibrado no menor de 6 000 vpm (100 hertzios), excepto
cuando el concreto resulta poco accesible, o sus espesores son muy delga
dos, siendo entonces preferible emplear vibradores externos de cimbra o de superficie.

Además de la posibilidad de adquirirlos con diferentes fre
cuencias de vibrado (de 3 000 vpm en adelante), los vibradores de inmersión se construyen para diversas capacidades de trabajo. Como esta es función de la masa del elemento vibratorio alojado en el cabezal, se supone que (para una misma frecuencia) la potencia disponible aumente conforme sea ma

por el diámetro del cabezal. Por otra parte, como el suministro de energía requiere incrementarse según aumente la frecuencia, lo usual ha sido que los vibradores de muy alta frecuencia tiendan a ser de menor tamaño. Sin embargo, las mejoras actuales logradas en los vibradores neumáticos permiten salvar esta limitación, siendo posible disponer ahora de vibradores de gran tamaño y muy alta frecuencia, para aquellas obras en que se requiere acomodar grandes masas de concreto con muy bajo revenimiento y gravas de grandes dimensiones.

Para los trabajos usuales en obras menores, es suficiente considerar el empleo de vibradores con frecuencias entre 6 000 y 9 000 vpm, con diámetro de cabezal variando entre 19 y 63 mm (3/4 a 2 1/2 pulg). Por ejemplo, puede considerarse que un buen vibrador con cabezal de 38 mm de diámetro, accionado por una sola persona, puede acomodar de 3 a 6 m³ de concreto por hora, en condiciones normales.

Para el uso correcto de los vibradores de inmersión conviene atender las siguientes recomendaciones:

a) El vibrador debe introducirse y extraerse del concreto con lentitud, en dirección completamente vertical y a distancias regulares. Frecuentemente se considera suficiente espaciar de 40 a 75 cm los puntos de inserción y efectuar la extracción en un lapso no menor de 5 seg.

b) El tiempo que el vibrador debe permanecer dentro del concreto en cada inserción depende principalmente de su consistencia. Normalmente son suficientes de 5 a 15 seg, pero a veces conviene dejarlo a juicio del operador, considerando que el vibrador debe comenzar a extraerse en cuanto la superficie del concreto adquiera brillo por efecto del flujo de lechada.

c) Evítese sobrevibrar el concreto, porque se produce segregación al fluir demasiada lechada o mortero hacia la superficie y hacia las par-

des que lo confinan. También debe evitarse la tendencia a desplazar lateralmente el concreto mediante la aplicación inclinada del vibrador, por la misma razón.

4.4.2 Acabado del concreto

Existen dos tipos principales de acabados en las superficies de concreto: los que se producen por contacto con los moldes que lo confinan y los que se obtienen mediante la aplicación de herramientas o dispositivos. En cada tipo existen clases que se distinguen por las tolerancias geométricas y por la tersura de las superficies resultantes. Ambos requisitos suelen establecerse en función del aspecto decorativo, de las condiciones de exposición y servicio, y del carácter provisional o permanente de las estructuras.

El Manual de Concreto del USBR (ref 4.1) presenta una clasificación de acabados que comprende los casos más comunes. Los que se producen por contacto con las cimbras se designan con la letra F y son cinco:

F 1. Es el menos exigente de los acabados de este tipo, ya que normalmente se especifica para superficies que posteriormente deberán ser cubiertas por material de relleno. Se admiten variaciones* graduales hasta

~~de 25 mm y no hay requisitos para la tersura de la superficie. De la cim~~
bra solo se requiere que sea resistente y estanca.

F 2. Es un acabado más estricto, que se recomienda para superficies visibles. Se admiten variaciones graduales hasta de 13 mm y brutas hasta de 6 mm. Las cimbras pueden ser de madera o acero, siempre que den las tolerancias geométricas indicadas.

F 3. Es el acabado requerido en estructuras donde predomina el aspecto decorativo. Solamente se admiten variaciones graduales hasta de 6 mm

* Se miden respecto a una regla de 1.5 m.

y brúscas hasta de 3 mm. Se recomienda usar cimbra de madera forrada con triplay u otro, para obtener máxima tersura. No es conveniente usar cimbra metálica porque su fijación normalmente requiere emplear pernos; además puede producir manchas en la superficie.

F 4. Es la clase de acabado que se especifica en estructuras hidráulicas donde el agua fluye con alta velocidad. Se toleran variaciones graduales y/o brúscas hasta de 6 mm si son en la dirección del flujo, o de 3 mm si son en otra dirección. Las cimbbras deben ser de madera forrada o metálicas, para lograr máxima tersura.

F 5. Se especifica para superficies que vayan a recibir un acabado decorativo sobrepuesto (yeso, mortero, tirol, etc.). Se toleran variaciones graduales o brúscas hasta de 6 mm. La cimbra debe ser de madera rugosa para obtener superficies ásperas que suministren adherencia. No deben aplicarse lubricantes a la cimbra.

Los acabados que se obtienen sobre superficies libres mediante la aplicación de herramientas o dispositivos de nivelación, enrase y emparejamiento, se designan con la letra U y son cuatro:

U 1. Es el equivalente al F 1 en este tipo de acabado. Se admiten variaciones* hasta de 10 mm. Se produce mediante el paso de una regla o cercha, sin mayores manipulaciones. Esta clase suele constituir la primera etapa para conseguir los acabados U 2 y U 3.

U 2. Se considera equivalente al acabado F 2. Se le toleran variaciones hasta de 6 mm. Se consigue a partir del acabado U 1, mediante el paso manual de la llana de madera, o con una llana mecánica, pero sin llegar al extremo de pulir la superficie.

U 3. Es un acabado que se obtiene a partir de U 2, con objeto de lograr mayor tersura en la superficie, lo cual se logra puliéndola con lla

* Se miden respecto a una regla de 3 m.

na metálica. De tal modo, la tolerancia geométrica no varía, es decir, se admiten variaciones hasta de 6 mm.

U 4. Es el acabado que se recomienda para losas de concreto de revestimiento de canales. Se admiten variaciones hasta de 6 mm en las losas de fondo y hasta de 13 mm en los taludes. Se obtiene con llana metálica, igual que en U 3, o con equipo mecánico de revestimiento. No son objetables las picaduras menores de 2 a 3 mm, dejadas por este último.

4.4.3 Curado del concreto

Con esta denominación se designa el conjunto de condiciones favorables que deben prevalecer en el concreto recién colado, para que la evolución de la hidratación del cemento que contiene se desarrolle normalmente, hasta que el concreto alcance las propiedades correspondientes a la calidad de sus componentes y la proporción en que se les combine.

Para que el cemento se hidrate normalmente, es decir, que adquiera madurez en forma gradual pero sostenida, se necesitan dos condiciones primordiales en el concreto:

- 1) existencia permanente de agua en cantidad suficiente
- 2) conservación de la temperatura dentro de límites adecuados

El fenómeno físico-químico del fraguado, que ocasiona la rigidización de la pasta, se inicia en cuanto se mezcla el cemento con el agua. El proceso continúa mediante reacciones químicas que forman nuevos compuestos con distintas propiedades a las de los materiales que los originaron, y que son los que determinan el comportamiento ulterior de la pasta. Este proceso de hidratación se desarrolla mientras existe agua suficiente en la proximidad de cada partícula de cemento; en el momento en que esta condición deja de ocurrir el desarrollo del proceso se frena, e incluso se interrumpe. Si esta situación anómala se prolonga, la pasta (y por tan

to, el concreto) experimenta imperfección permanente y no alcanza su calidad potencial. El concreto recién mezclado suele contener mayor proporción de agua de la que el cemento necesita para hidratarse, pero a partir de entonces la situación puede cambiar si no se adoptan medidas para evitar que el agua disponible sea sustraída por absorción o se pierda por evaporación. La adopción de tales medidas constituyen la práctica del curado del concreto, en lo que se refiere a la conservación de humedad.

La temperatura también juega un papel importante en el desarrollo del proceso de hidratación del cemento, principalmente cuando presenta valores extremos. Puede decirse que, dentro de ciertos límites, hay proporcionalidad entre la temperatura de la pasta y la velocidad con que se hidrata. Tomando como referencia una temperatura de 23 ± 2 °C, que según la ASTM (ref 4.5) es la especificada para curado estándar, puede admitirse un comportamiento como el que a continuación se indica, cuando un concreto recién hecho se cura permanentemente durante 28 días a diferentes temperaturas:

<u>Temperatura permanente de curado, en °C</u>	<u>Velocidad de hidratación</u>	<u>Resistencia mecánica a 28 días</u>
* { < - 10 -10 a 0 0 a 5	Nula Casi nula Muy lenta	Nula Imperceptible Muy baja
** { 10 a 21 21 a 25 25 a 40	Reducida Normal Incrementada	Prácticamente normal Normal Prácticamente normal
*** { 40 a 65 65 a 90	Rápida Muy rápida	Ligeramente baja Baja
**** { > 90	Muy rápida	Muy baja

* Debe evitarse que la temperatura de curado del concreto sea menor de 10 °C.

- ** El intervalo permisible de temperatura, para el curado permanente del concreto, varía entre 10 y 40 °C, aproximadamente.
- *** Temperaturas entre 40 y 90 °C solamente son aconsejables en periodos cortos, a fin de acelerar la velocidad inicial de hidratación, mediante la aplicación del procedimiento de curado con vapor a presión atmosférica.
- **** La aplicación de temperaturas mayores de 90 °C solamente produce buenos resultados en el concreto mediante el procedimiento de curado en autoclave.

De acuerdo con lo anterior, si la temperatura varía entre 10 y 40 °C, puede esperarse que la velocidad de hidratación del cemento sufra cambios apreciables, sobre todo al principio, pero al cabo de un lapso conveniente (por ejemplo 28 días) la resistencia del concreto debe manifestarse con pocas variaciones por esa causa. Como esta situación es bastante frecuente en la República Mexicana, por sus condiciones climatológicas, lo usual en las obras pequeñas es que la temperatura de curado del concreto no requiera ser influida para permanecer dentro del intervalo permisible. Esto no quiere decir que, si por circunstancias especiales la temperatura del concreto es demasiado alta o baja, no sea necesario adoptar medidas apropiadas para llevarla a dicho intervalo.

Existen varios procedimientos para conservar la humedad del

concreto (ref 4.6):

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| Curado con agua | { | Inundación o inmersión
Riego o aspersion
Materiales saturados (telas absorbentes de yute o algodón, tierra, arena, viruta de madera, heno, etc.) |
| Materiales selladores | { | Telas plásticas (polietileno)
Papeles impermeables
Líquidos que forman membrana |

Los materiales selladores evitan la pérdida de agua por evaporación, mientras el curado con agua la suministra para reponer la que se pierde, no solamente por evaporación, sino por otras causas como la absorción de los agregados, la cimbra o el terreno. De esta manera, un buen curado con agua suele producir mejores resultados, principalmente cuando es baja la relación agua/cemento con que se elabora el concreto. No obstante, hay casos en que el curado con materiales selladores resulta más conveniente. Así ocurre en grandes superficies verticales donde no es fácil mantener un buen curado con agua, o en la superficie de pavimentos en que es indispensable reducir la evaporación a partir del momento en que se realiza el acabado, estando todavía el concreto en estado plástico.

Independientemente del procedimiento de curado que se aplica, es necesario vigilar que sea eficiente y de duración adecuada. Lo primero requiere que se empleen materiales de calidad comprobada; para lo segundo varias especificaciones establecen que si el curado se hace con agua, se aplique por un lapso no menor de 7 días cuando el cemento usado es tipo I o III, y no menor de 14 días para cualquier otro cemento.

4.5 Referencias.

- 4.1 "Concrete Manual", US Bureau of Reclamation, Denver (1966)
- 4.2 "Recommended Practice for Measuring, Mixing and Placing Concrete" ACI, Committee 614 (1959)
- 4.3 "Placing Concrete by Pumping Methods", ACI Journal, Committee 304 (may 1971)
- 4.4 "Symposium on Shotcreting", ACI, SP-14
- 4.5 "Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory". American Society for Testing and Materials, Book of Standards, Parte 10 (1971)
- 4.6 "Recommended Practice for Curing Concrete", ACI Journal, Committee 308

TABLA 4.1 LIMITES PERMISIBLES PARA DEFECTOS DE CRIBADO EN LOS AGREGADOS

Denominación del agregado	Intervalo nominal		Máximo subtamaño permisible		Máximo sobretamaño permisible	
	mm	pulg	malla	% peso	malla	% peso
Arena	0 - 5	0 - 3/16	—	—	No 4	7.5
Grava 1*	5 - 19	3/16 - 3/4	No 4	10.0	3/4 pulg	7.5
Grava 1**	5 - 19	3/16 - 3/4	No 4	15.0	3/4 pulg	10.0
Grava 1	19 - 38	4/4 - 1 1/2	3/4 pulg	15.0	1 1/2 pulg	10.0
Grava 1 + 2***	5 - 38	3/16 - 1 1/2	No 4	10.0	1 1/2 pulg	7.5

* Para concreto con tamaño máximo de 19 mm (3/4 pulg).

** Para concreto con tamaño máximo de 38 mm (1 1/2 pulg), grava separada en dos fracciones.

*** Para concreto con tamaño máximo de 38 mm (1 1/2 pulg), grava en una sola fracción.

TABLA 4.2 EJEMPLO DE CORRECCION AL PROPORCIONAMIENTO POR CONCEPTO DE CONTAMINACIONES GRANULOMETRICAS EN LOS AGREGADOS

Contaminaciones			Fracción incrementada, en kg	Distribución de fracciones incrementadas, en kg								
Fracción	Mat.	%		Arena		Grava 1		Grava 2				
				+	-	+	-	+	-			
Arena	Ar. G1	92.5 7.5	$\frac{185}{.925} = 200$	$\times .925 = 185$ $\times .075 = 15$								
Grava 1	Ar. G1 G2	10.0 85.0 5.0	$\frac{157}{.850} = 185$		18	$\times .100 = 18$ $\times .850 = 158$ $\times .050 = 9$					9	
Grava 2	G1 G2 + G3	9.0 91.0	$\frac{190}{0.910} = 209$				19	$\times .090 = 19$ $\times .910 = 190$				
			SUMAS	+	200	- 18	+	185	- 34	+	209	- 9
			AJUSTES		182			151			200	
			TOTALES					533				

CANTIDADES TEORICAS DE AGREGADOS

<u>Fracción</u>	<u>Por kg de cemento</u>	<u>Por revoltura (un saco de cemento)</u>
Arena	3.70	185 kg
Grava 1	3.14	157 kg
Grava 2	3.80	190 kg
		<u>Total = 532 kg</u>

COMPROBACION (CANTIDADES AJUSTADAS)

Fracción	Mat.	%	Cantidad	Distribución	Arena	Grava 1	Grava 2
Arena	Ar. G1	92.5 7.5	182 kg	$\times .925 = 168$ kg $\times .075 = 14$ kg	168	14	
Grava 1	Ar. G1 G2	10.0 85.0 5.0	157 kg	$\times .100 = 15$ kg $\times .850 = 128$ kg $\times .050 = 8$ kg	15	128	8
Grava 2	G1 G2 + G3	9.0 91.0	200 kg	$\times .090 = 18$ kg $\times .910 = 182$ kg		18	182
Sumas:					183	160	190

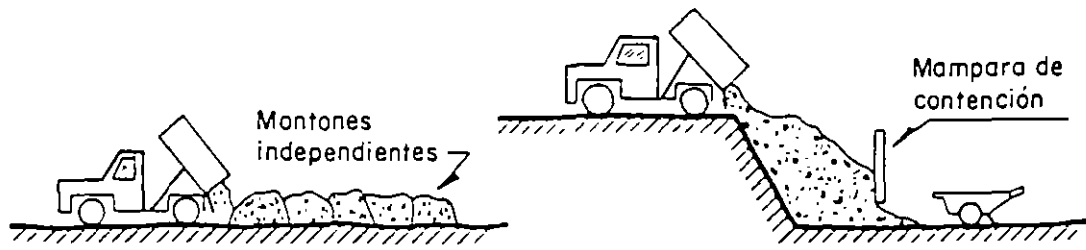


Fig 4.1a. Precauciones para evitar segregación en apilamientos

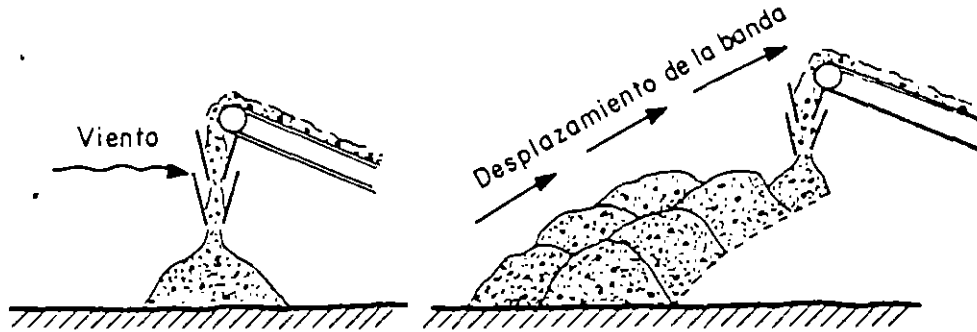


Fig 4.1b. Precauciones para evitar segregación por viento

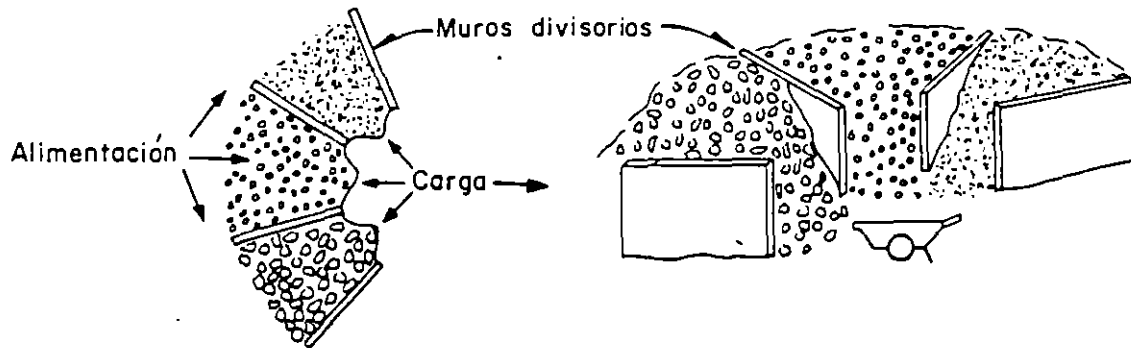


Fig 4.1c. Precauciones para evitar contaminación por mezcla

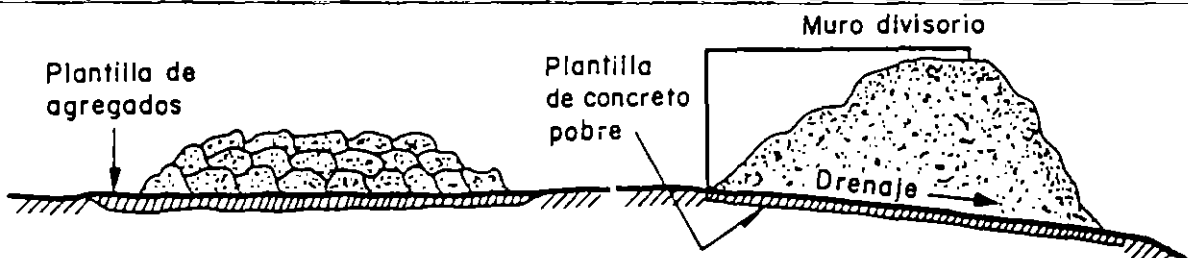


Fig 4.1d. Precauciones para evitar contaminación con el suelo

cierto cuando se trata de las determinaciones a largo plazo que acostumbran llevarse a cabo sobre especímenes de concreto endurecido. Para justificar esta apreciación, es necesario delimitar los campos de la inspección y la verificación, como suelen aplicarse al control de calidad del concreto.

La verificación de calidad del concreto, en el sentido más amplio, se inicia con el ensaye de muestras representativas de los componentes, continúa con el de muestras de concreto fresco y termina normalmente con la prueba de especímenes de concreto endurecido. Como los ensayos relativos a las dos primeras etapas se llevan a cabo cuando el concreto todavía no se coloca en la estructura, sus resultados permiten adoptar medidas que tienen carácter preventivo. Debido a esto, se les ubica dentro del cuadro de actividades que conciernen a la inspección, quedando entonces la verificación limitada a la prueba de especímenes de concreto endurecido. Siendo así, la tendencia recomendable es incrementar la inspección al máximo posible y reducir la verificación al mínimo que permita definir, con cierto grado de certeza, el nivel probable de calidad del concreto producido.

Independientemente de su grado de ingerencia, tanto la inspección como la verificación de calidad representan medios indispensables para llevar a buen término la supervisión de los trabajos de concreto.

5.2 Ubicación de la supervisión en la obra

En toda obra de ingeniería suelen estar representados tres intereses principales, que corresponden al propietario, al proyectista y al constructor. En algunos casos, como en las grandes agencias oficiales y privadas, el propietario y el proyectista representan un interés común. En otros, que son minoría, los intereses del propietario, proyectista y constructor, corresponden a uno mismo.

5. INSPECCION Y VERIFICACION DEL CONCRETO

5.1 Alcances y limitaciones

Estas actividades y otras mencionadas en capítulos anteriores, forman lo que en conjunto constituye el control de calidad del concreto. Es de gran utilidad conocer sus respectivos alcances y limitaciones para definir la importancia relativa que convenga darles en la práctica.

La inspección de los trabajos de concreto se refiere a las revisiones de rutina que, hechas con la oportunidad debida, permiten corregir fallas evitando que se traduzcan en defectos posteriores cuya enmienda resulta difícil y costosa. La verificación de calidad del concreto se lleva a cabo mediante determinaciones normalizadas sobre muestras representativas, cuyos resultados indican si el concreto representado tiene la calidad especificada. Bajo este aspecto, puede considerarse que las acciones derivadas de la inspección constituyen medidas de prevención, pues se originan conforme evolucionan los trabajos inspeccionados, en tanto que los resultados de la verificación muchas veces representan experiencias útiles solamente para aplicarse en el futuro. Esto último resulta particularmente

Tomando el caso de manera más general, en que se trata de intereses diferentes, conviene definir la ubicación que debe tener quien ejerce la supervisión y el papel que le corresponde desempeñar. En la fig 5.1 se presentan tres formas usuales como se relacionan esos intereses en una obra, y la posición que en cada caso adopta la supervisión; sus respectivos funcionamientos son como sigue:

a) El primer caso corresponde a aquel en que el propietario de la obra encarga su proyecto y dirección a un especialista privado, quien establece las especificaciones de calidad y supervisa que el constructor las cumpla. Este fue tal vez el caso más general previsto por el Comité ACI-311 (ref 5.1) al recomendar que "para protección del propietario y del público, la responsabilidad de la inspección debe hacerse recaer en el ingeniero o arquitecto como una función sucesiva de su responsabilidad por el proyecto". Siendo así, la inspección y verificación de calidad del concreto, como parte de la supervisión, debe depender del proyectista y director de obra.

b) El segundo caso ejemplificado es cuando el proyectista depende directamente del propietario, como ocurre en algunos organismos oficiales y paraestatales, o en empresas privadas que disponen de su propia oficina de proyectos. En este caso es frecuente que el propietario establezca una residencia en la obra, que se encargue de coordinar las relaciones con el constructor y vigile que se cumplan las especificaciones de calidad establecidas directamente por el propietario. La residencia, por conducto del personal que supervisa al constructor, debe inspeccionar y verificar la calidad del concreto.

c) El tercer caso responde a la necesidad de algunos propietarios de unificar en un solo contratista todo lo relativo al proyecto, construcción y dirección de la obra, y ejercer directamente la supervisión fuera de los

conductos usuales. Este modo de operar corresponde a los llamados contratos-paquete, en que el contratista formula inclusive las especificaciones de calidad, las cuales, una vez aprobadas por el propietario, se compromete a cumplir. En estas circunstancias, el contratista necesita establecer su propia supervisión que le permita asumir debidamente la responsabilidad total por la calidad resultante. Debido a esto, la supervisión que el propietario ejerce directamente es menos prolija y adopta un carácter más general.

5.3 Funciones de la inspección de concreto

De acuerdo con el Comité ACI-311 (ref 5.1), las principales funciones que conciernen a la inspección de trabajos de concreto son las contenidas en la siguiente relación:

- a) Inspección y autorización de las instalaciones para dosificación y mezclado
- b) Control de proporcionamientos de las mezclas de concreto
- c) Inspección en la planta de dosificación (donde el tamaño de la obra o el tipo de concreto lo justifican)
- d) Inspección, ensaye y aprobación de materiales
- e) Inspección de formas, acero de refuerzo, ademe, puntales, accesorios empotrados, juntas, etc.
- f) Inspección de equipos para manejo y colocación de concreto, tales como botes de compuerta inferior, canalones, vagonetas, tolvas, vibradores, bombas, etc.
- g) Inspección de las operaciones de manejo, colocación, acomodo, acabado, curado, protección y reparación del concreto
- h) Inspección en planta de artículos precolados, incluyendo traba

jos de presfuerzo, para comprobar resistencia, dimensiones y propiedades especiales

- i) Inspección de la remoción de moldes y cimbras y del apuntalamiento
- j) Preparación de especímenes de concreto para ensayos de resistencia
- k) Informes diarios sobre todos estos conceptos

Asimismo, el propio Comité considera que la falta de inspección durante la producción de concreto clase 2, ACI-214 (ver 1.3), puede requerir incrementar en $0.10 f'_c$ el valor de la resistencia promedio requerida (f_{cr}) que debe considerarse para establecer el proporcionamiento de la mezcla de concreto, y que todo concreto clase 1, ACI-214, debe ser inspeccionado, lo cual pone de manifiesto la importancia que se concede a los resultados de la inspección, en cuanto a la resistencia del concreto.

Por su parte, el Comité ACI-318 (ref 5.2) establece que el inspector de concreto debe vigilar que se cumpla con los planos de proyecto y con las especificaciones y debe llevar un registro de los siguientes conceptos: calidad y proporciones de los materiales para concreto; mezclado, ~~colocación y curado del concreto; colocación del acero de refuerzo; tensado del refuerzo en concreto presforzado; colocación y retiro de las cimbras; reapuntalamiento; secuencia de la erección y conexión de miembros precolados; cualquier carga significativa de construcción sobre pisos, miembros o muros terminados; avance general de trabajo.~~

La inspección oportuna y suficiente, ayuda a prevenir muchos de los defectos de construcción tan frecuentes en los trabajos de concreto. En la tabla 5.1 (ref 5.3) se incluyen algunas de las principales causas de

tales defectos y las posibles medidas para evitarlos.

5.4 La verificación como auxiliar del control de calidad

En lo que al concreto se refiere, la verificación de características y propiedades puede conducirse en dos etapas, según se trate del material en su estado fresco o ya endurecido. La determinación de características en el concreto fresco se considera como parte de las funciones de inspección debido a que, por ser actividades simultáneas, quedan a cargo del mismo personal, y también porque la información que se obtiene permite hacer correcciones inmediatas, como las que derivan de las diversas funciones de la inspección. La comprobación de propiedades en el concreto endurecido, principalmente resistencia, se lleva a cabo sobre especímenes que han cumplido determinada edad, razón por la cual esta información se considera a veces poco aplicable por su falta de oportunidad. Al respecto, se cita el caso de estructuras que, mediante las facilidades actuales, se concluyen en un plazo menor de 28 días, es decir, antes de que se ensayen los especímenes obtenidos del primer concreto colocado.

Considerando al concreto como el producto de un proceso más o menos prolijo, se admite que la verificación comience cuando el producto adquiera forma, o sea desde que se mezclen todos los ingredientes. Entonces, para establecer la utilidad y frecuencia recomendable de la verificación, como auxiliar del control de calidad del concreto, se considerará esta como una sola actividad que se inicie con las operaciones de muestrear el concreto recién mezclado.

5.4.1 Muestreo del concreto

Para definir el sitio donde convenga obtener las muestras de concreto, es necesario tener presentes las dos finalidades básicas que pueden perseguirse: a) comprobar las características y propiedades del pro

ducto recién elaborado a manera de control sobre la uniformidad de los ingredientes y sus dosificaciones; b) comprobar las características y propiedades del producto al ser puesto en la estructura, con objeto de juzgarlo después de ser sometido a todas las acciones previstas e imprevistas.

En el primer caso, el sitio conveniente para muestrear el concreto es en la descarga de la mezcladora. En el segundo puede ser variable, dependiendo de las facilidades existentes, pero tendiendo a hacerlo en el punto más cercano posible al de su destino final en la estructura.

La práctica corriente consiste en muestrear el concreto en la descarga de la mezcladora (ver 6.2.2.1) con objeto de juzgarlo desde su origen y efectuar con mayor oportunidad los ajustes y correcciones que procedan. Asimismo, se prefiere este lugar de muestreo porque permite llevarlo a cabo en condiciones más uniformes, reduciéndose las variaciones imputables a cambios de personal, a distintas facilidades para obtener las muestras y a diferencias en las condiciones de conservación de los especímenes durante las primeras horas.

El muestreo del concreto al final del proceso de transporte y colocación se recomienda para juzgar el efecto que le producen los movimientos y operaciones a que se somete en el curso del mismo. ~~Para estable~~
cer comparaciones que sirvan como elementos de juicio, este muestreo debe hacerse paralelo con el normal a la descarga de la mezcladora. Es decir, el muestreo en la mezcladora debe atenderse siempre, especialmente cuando existe un primer responsable de la calidad del concreto, como ocurre al emplearse concreto premezclado.

Los métodos usuales para muestrear el concreto en la mezcla ora (ref 5.4) previenen que para integrar una muestra se tomen dos porcio

nes, por lo menos, de la parte central de la revoltura, interceptando el flujo de descarga. Para obtener la muestra del concreto al ser depositado en la estructura (ref 5.5), se aumenta a cinco el número de porciones que deben tomarse en cada ocasión. En ambos casos, las porciones deberán mezclarse completamente para formar la muestra que será ensayada.

La frecuencia conveniente para obtener estas muestras depende de diversos factores, entre los cuales se cuentan los ensayos que deben efectuarse, el volumen de concreto que se elabora y las condiciones de uniformidad con que se le produce.

5.4.2 Ensayes al concreto fresco

Antes de iniciar la producción de concreto es necesario establecer las proporciones relativas en que deben combinarse los ingredientes para producir una mezcla que tenga la manejabilidad adecuada a las condiciones del trabajo, y que al cabo de cierto tiempo obtenga las propiedades necesarias para el buen servicio de la estructura.

Se ha mencionado (cap 2) la influencia tan decisiva que ejerce el contenido de agua sobre las propiedades del concreto, principalmente cuando el contenido de cemento permanece sin variar; este caso ocurre cuando a una revoltura se le agrega mayor cantidad de agua de la prevista, con objeto de hacerla más fluida. De aquí que la medición de la consistencia de las revolturas sea elemento primario para juzgar la calidad potencial del concreto: si no se modifica el proporcionamiento, el aumento de la fluidez debe conducir inexorablemente a la reducción de la resistencia mecánica y otras propiedades concomitantes.

Para mezclas plásticas y cohesivas, como las que suelen emplearse en la construcción de miembros estructurales, la prueba de revenimiento que se describe en 6.2.2.2 ofrece un medio razonablemente aproximado

para juzgar la consistencia. En la fig 5.2, adaptada de la ref 5.6, se presenta la distribución de frecuencias manifestada por los resultados de todas las pruebas de revenimiento efectuadas en el curso de la construcción de un gran proyecto. También se incluye la correspondiente variación de resistencia según el revenimiento. Se observa cómo las variaciones de consistencia tienden a la distribución normal de frecuencias indicando que las causas de variación son fortuitas, y cómo las resistencias descienden proporcionalmente al aumento de revenimiento. Conviene observar también que, de haberse permitido el uso de revenimientos más altos que el límite superior de tolerancia, posiblemente habrían ocurrido resistencias bajas objetables.

Lo anterior define la utilidad que, como medida de prevención, tiene la determinación de la consistencia del concreto recién mezclado. Una vez establecido el revenimiento medio de trabajo y las tolerancias permisibles, es necesario vigilar que se cumplan en forma permanente, lo cual implica la necesidad de muestrear continuamente el concreto conforme se elabora, para medir su revenimiento.

Las obras menores representan con frecuencia un campo propicio para que la consistencia del concreto varíe notablemente de revoltura a revoltura, debido a causas diversas: no se dispone de materiales uniformes; no se realizan correcciones al proporcionamiento; los medios de dosificación son poco precisos; el tamaño de la mezcladora es reducido y esto obliga a fabricar mayor número de revolturas para producir un determinado volumen de concreto; el personal es menos experimentado, etc. Siendo así, la medición de la consistencia a la salida de la mezcladora constituye el último medio de que se dispone para juzgar la calidad del concreto antes de despacharlo hacia la estructura. Admitiendo como premisa que cualquier revoltura con revenimiento mayor del máximo permisible es de baja ca

lidad potencial, la conclusión es que debe desecharse.

En 2.1 se manifestó la conveniencia de efectuar la prueba de revenimiento por lo menos en una de cada cinco revolturas, a fin de ir ajustando el agua de mezclado consecuentemente. Se estima que esta práctica es adecuada una vez que la producción del concreto se encuentra normalizada, pero al principio de un colado o cuando ocurre un cambio significativo en los materiales, es recomendable intensificar la frecuencia de dicha prueba. Un criterio adecuado para operar en este aspecto, puede ser el siguiente:

a) Cuando se inicie la producción diaria de concreto, el muestreo para efectuar la prueba de revenimiento deberá hacerse de tantas revolturas consecutivas como sea necesario para asegurarse que la consistencia de las mezclas resulte uniforme y dentro de la tolerancia especificada. Puede decirse que la consistencia es uniforme cuando en tres muestras consecutivas el revenimiento de cada una no difiere en más de 1.5 cm del promedio, si el revenimiento de trabajo es igual o menor de 7.5 cm; y en no más de 2.5 cm si el revenimiento de trabajo es mayor de 7.5 cm.

b) Una vez que se compruebe uniformidad en la consistencia, durante la producción del concreto, el muestreo para la prueba de revenimiento puede hacerse menos frecuente, pero debe realizarse por lo menos una prueba por cada cinco revolturas producidas.

c) Cuando una revoltura manifieste revenimiento menor que el límite inferior especificado, podrá aceptarse si es posible colocarla y acomodarla satisfactoriamente mediante los procedimientos y equipos en uso; o bien, si se aumenta el revenimiento mediante la adición de agua y cemento en cantidades tales que no se modifique su relación. De lo contrario, debe desecharse.

d) Cuando una revoltura manifieste revenimiento mayor que el límite superior especificado deberá desecharse. Tanto en este caso como en el anterior, deberá efectuarse la prueba de revenimiento en la siguiente revoltura que se produzca; si se repite el resultado fuera de los límites de tolerancia, deberá considerarse como indicio de que las condiciones de los materiales han cambiado y que es necesario proceder a los ajustes que se recomiendan en 2.2.

5.4.3 Ensayes al concreto endurecido

Para muchos constructores y supervisores, la prueba de resistencia a compresión de especímenes de concreto endurecido representa el mejor medio para certificar la calidad del concreto que se produce. Admitiendo que así sea, no debe perderse de vista que el resultado de una prueba de resistencia solo puede hacerse rigurosamente extensivo a la revoltura de concreto de la cual provienen los especímenes ensayados. Proceda, entonces, preguntarse cuál es la calidad de las revolturas que no se muestran y hasta qué punto es válido extrapolar los datos disponibles a todo el concreto empleado. Asimismo, para juzgar la utilidad de ensayar el concreto endurecido, es necesario tomar en cuenta la limitación básica de este tipo de pruebas, que consiste en el retraso con que se conocen sus resultados.

A fin de presentar respuestas admisibles a estas interrogantes, y soluciones prácticas para las situaciones que de ellas derivan, es oportuno repasar la secuencia de operaciones mediante las cuales se busca normalmente verificar la calidad del concreto durante su producción.

En la fig 5.3 se describe en forma esquemática el proceso de muestreo aleatorio* de revolturas sucesivas de concreto, para elaborar

* Se dice de lo que es casual.

especímenes cuya resistencia a compresión se determina al cabo de cierto tiempo. Se observa que, siendo N el número de revolturas producidas en de terminado lapso, y n el de revolturas muestreadas en el mismo, la probabilidad de que los resultados que así se obtengan representen todo el concreto, es

$$p = \frac{n}{N}$$

Si $n = 0$ (caso de muestreo nulo) entonces $p = 0$, es decir, no existe probabilidad alguna de comprobar la resistencia del concreto producido. Si, por lo contrario, $n = N$ (caso de muestreo de todas las revolturas) entonces $p = 1$, es decir, se tiene la máxima probabilidad de conocer dicha resistencia.

Ambos casos representan situaciones extremas que normalmente son inconvenientes. No es admisible caer en el caso del muestreo nulo, porque al dejar de existir información no es posible determinar lo adecuado de las hipótesis hechas al diseñar las mezclas, y tampoco se obtiene experiencia para ser aplicada en el futuro inmediato. Por otra parte, el muestreo de todas las revolturas generalmente alcanza un costo demasiado elevado que no se justifica, y cuya inversión puede producir mayores beneficios si se aplica a incrementar actividades tales como la inspección y la supervisión, que generan acciones preventivas.

En apoyo de lo anterior, se incluye la fig 5.4, adaptada de la ref 5.7, en la cual se presentan los aspectos que deben tomarse en cuenta para equilibrar el valor de un producto (con cierto nivel de calidad) y el costo que representa producirlo y mantenerlo en ese nivel. En primer término (fig 5.4a), se observa que el valor de la calidad de diseño y el costo de obtenerla siguen tendencias tales, que puede resultar excesivamente costosa la obtención de niveles de calidad demasiado altos. Esto, apli

cado al concreto, corresponde a lo tratado en el cap 1 (fig 1.5), donde se hizo notar cómo aumenta la resistencia promedio requerida conforme se pretende disminuir la proporción de resultados menores que la de proyecto. En segundo término (fig 5.4b) se observa que, una vez definida la calidad de diseño, reproducirla consecutivamente requiere de un control de calidad cuyo costo depende de la fidelidad con que se pretenda efectuar esa reproducción en el curso de todo el proceso de fabricación. Conforme a la tendencia seguida por el costo del control de calidad, debe inferirse que buscar una fidelidad absoluta en la concordancia de calidad puede conducir a costos exageradamente elevados. Esto último, también aplicado al caso de la producción de concreto, justifica la implantación del muestreo aleatorio (de materiales y producto) y la aceptación implícita de que una fracción de lo no muestreado pueda resultar de calidad inferior a la de diseño. Entonces, el control consistirá en mantener esa fracción dentro de lo previsto y evitar que la calidad descienda más allá de un límite considerado como mínimo permisible.

Refiriéndose nuevamente al proceso de muestreo aleatorio de revolturas de concreto (fig 5.3), conviene describir la práctica usual para determinar la resistencia y el comportamiento probable de los resultados.

A fin de disponer de medios para corroborar resultados, es usual preparar dos especímenes de ensaye en cada muestra, para cada edad de prueba, los cuales se designan "especímenes compañeros". El ensaye de estos suele producir resistencias distintas (fig 5.5a) cuyas diferencias, designadas "d", reflejan las variaciones debidas a falta de uniformidad del concreto dentro de la revoltura y a deficiencias de ejecución y ensaye de los especímenes. Aunque estas últimas causas de variación pueden considerarse normales, es deber de quien comprueba la calidad reducir las a su m_i

nima expresión, a fin de que los resultados de los ensayos sean un buen re flejo de las variaciones imputables al concreto exclusivamente.

Considerando que el resultado representativo de una muestra, a una cierta edad de prueba, sea el promedio de las resistencias obtenidas en especímenes compañeros, procede comparar las variaciones que se producen de revoltura a revoltura. Se encuentra entonces que las diferencias de re sistencia entre muestras consecutivas, designadas "D", resultan mayores que las detectadas entre especímenes compañeros, como se observa en la fig 5.5b. Esto es claramente explicable, pues a las causas anteriores deben añadirse todas las que en el curso del proceso de producción contribuyan a incremen tar la variabilidad del concreto, tales como los cambios de características y de calidad de los materiales, la imprecisión de los procedimientos y equi pos usados para la dosificación, etc. Como la magnitud de estas diferencias define la dispersión global de calidad del concreto producido, cuanto mayores sean tanto más necesitará incrementarse la resistencia promedio requerida, para mantener la calidad en el nivel especificado.

Si se divide en intervalos la éscala de resistencias y se agrupan los valores de resistencia que hay en cada intervalo (para las n muestras obtenidas), debe producirse un diagrama de frecuencias como el que se indica en la fig 5.6a. Si resulta prácticamente simétrico respecto al valor promedio, puede suponerse que las variaciones de resistencia presen tan tendencia normal, porque obedecen a causas cuyos efectos son alternos, es decir, que lo mismo contribuyen en defecto como en exceso. Si no ocurre simetría en el diagrama de frecuencias, debe inferirse la existencia de una o más causas con tendencia anormal, que es necesario descubrir y eliminar porque están distorsionando la imagen de calidad que se obtiene a través de la información reunida. Como causas de este tipo pueden citarse: cier tas deficiencias de calidad de los agregados, que pueden limitar el desa

rollo de la resistencia potencial del concreto; inclinación del personal de campo a seleccionar, con cierta tendencia, las revolturas que deben ser muestreadas; procedimientos inadecuados de ensaye de especímenes, que pueden conducir a resultados siempre mayores o siempre menores que los reales; tendencia del personal de laboratorio a desechar, arbitrariamente, resultados bajos que considera no son representativos de la calidad del concreto, etc.

Admitiendo que la distribución de frecuencias de las resistencias sea normal, la siguiente consideración consiste en juzgar con qué validez puede hacerse extensiva a todo el concreto la información obtenida mediante muestreo. En circunstancias comunes, esta validez depende del cumplimiento de tres condiciones principales:

1. Que la distribución de frecuencias de resistencias para todo el concreto también sea normal, esto es, que si se muestrean todas las N revolturas ($p = 1$), el diagrama de frecuencias resulte aproximadamente una reproducción amplificada del primero, como se presenta en la fig 5.6b.
2. Que el muestreo se desarrolle con carácter verdaderamente aleatorio, es decir, que las muestras se tomen completamente al azar.
3. Que el número de muestras obtenidas, n , sea lo suficientemente grande para considerar que pueden representar al conjunto, N , esto es, que la probabilidad p no sea demasiado reducida.

Para considerar normal la distribución de frecuencias de resistencias de todo el concreto producido en un cierto lapso, es necesario vigilar que en ningún momento ocurran causas de variación cuyos efectos puedan manifestarse en un solo sentido. Esto implica disponer de supervisión e inspección adecuadas en todas las etapas del proceso de producción y verificación del concreto.

La ejecución de un muestreo aleatorio requiere contar con personal idóneo y establecer un plan de muestreo adecuado que evite caer en las operaciones sistemáticas, a fin de comunicar un carácter casual a la selección de las revolturas que deben muestrearse e impedir así que el personal de construcción tenga conocimiento anticipado de las mismas.

En cuanto al número de muestras que conviene obtener para que el muestreo represente adecuadamente al conjunto, es un aspecto que, para dilucidarlo en el caso de las obras pequeñas, requiere se tome en cuenta el tamaño reducido de los equipos de producción de concreto. Como punto de comparación se tiene el criterio de muestreo establecido en la Especificación ASTM C94 para concreto premezclado (ref 5.8) que es compartido por el Comité ACI-318 (ref 5.2), según el cual debe tomarse una muestra, por lo menos, para cada 115 m^3 de concreto, pero sin dejar de tomar una muestra, por lo menos, para cada clase de concreto colado en un mismo día.

Si se emplea concreto premezclado en que las revolturas usualmente son de 5 m^3 , esto significaría tomar una muestra por cada 23 revolturas. Si por lo contrario, el concreto se hace en obra empleando una mezcladora de poca capacidad, hay que considerar la posibilidad de producir y colocar una revoltura de concreto cada 4 minutos, en condiciones normales; es to es, 15 revolturas por hora, y alrededor de 110 revolturas por jornada de trabajo. En este caso, siguiendo el mismo criterio, si el volumen así producido fuera menor de 115 m^3 , se tomaría una muestra por cada 110 revolturas. Se observa que la probabilidad, p , de conocer la resistencia del concreto, sería casi cinco veces mayor en el primer caso si las condiciones de uniformidad fueran semejantes. Es decir, para obtener información comparable, haría que tomar cinco muestras diarias, por lo menos, en una obra en que el volumen de concreto se produjera mediante numerosas revolturas de tamaño reducido, en tanto que bastaría con tomar una muestra diaria si se

dispusiera del concreto en lotes de 5 m^3 cada uno.

Por otra parte (ref 5.9), cuando el número de datos disponibles es inferior a 30 ($n < 30$), debe considerarse que no son aplicables los conceptos relativos a la ley de distribución normal de frecuencias, debido a que la información no es lo suficientemente amplia. De esta manera, siempre resultará deseable reunir un grupo de por lo menos 30 resultados, a fin de poder juzgar la dispersión y el nivel de calidad del concreto producido.

5.5 Plan de muestreo para verificar resistencias

Resumiendo los conceptos expuestos, se presenta un plan general de muestreo propuesto para verificar la resistencia del concreto producido en las obras pequeñas, a partir de la serie de consideraciones que deben hacerse desde el comienzo de la construcción.

a) Se define la resistencia promedio requerida, f_{cr} , de acuerdo con la resistencia de proyecto establecida, f'_c , el coeficiente de variación supuesto para las condiciones de obra, V , y la clase de concreto especificada por el proyectista, aplicando la tabla 1.2.

b) Se determina el proporcionamiento adecuado para obtener esa resistencia promedio requerida, aplicando las tablas 3.2 o 3.3, según que el tamaño máximo del agregado sean 19 mm (3/4 pulg) o 38 mm (1 1/2 pulg).

c) Se corrigen las cantidades de agregados por concepto de los defectos de clasificación que contengan (sub y sobretamaños), conforme al procedimiento incluido en el inciso 4.2.2b).

d) Se establecen las cantidades de materiales que deben dosificarse para producir cada revoltura, en función de la capacidad real de la mezcladora disponible. Si el cemento se dosifica por sacos enteros, resultan útiles los datos contenidos en la tabla 3.4. Si se dispone de una báscula

para pesarlo, las cantidades pueden ajustarse mejor al tamaño de la mezcladora como se indica en el inciso 4.3.1.

e). Se muestra el concreto fresco para determinarle revenimiento, con la frecuencia que se recomienda en el párrafo 5.4.2. Si la consistencia de las mezclas cambia en el curso de la producción, deben realizarse los ajustes que se indican en el subcapítulo 2.2.

f) Se aplica el siguiente plan de muestreo y ensayo para verificar la resistencia del concreto producido.

f.1 Un ensayo de resistencia debe ser representado por el promedio de resistencias obtenidas en dos cilindros compañeros, estándar, de 15 x 30 cm, ensayados a compresión a la misma edad. Los cilindros deben ser fabricados, curados y ensayados conforme a los métodos de prueba incluidos en el subcapítulo 6.2. Para ser compañeros, los cilindros deben proceder de la misma muestra de concreto obtenida de acuerdo con lo que se indica en el inciso 6.2.2.1.

f.2 Debe obtenerse una muestra por lo menos de cada 25 revolturas de concreto producido en obra en un mismo día. Si se emplea concreto premezclado debe obtenerse una muestra, por lo menos, de cada 100 m³ de concreto empleado en un mismo día. En cualquier caso, e independientemente de lo reducido del volumen, debe obtenerse una muestra, por lo menos, de cada clase de concreto producido o empleado en un mismo día. La revoltura por muestrear debe elegirse al azar.

f.3 Cuando el volumen total de concreto por emplear en la obra o el número de días en que esta debe concluirse sean muy reducidos, la frecuencia de muestreo anterior debe incrementarse de tal manera que al término de la construcción se disponga de un mínimo de 30 resultados representativos de otros tantos ensayos de resistencia efectuados a 28 días de edad.

f.4 De cada muestra de concreto obtenida durante los tres primeros días de colado deben fabricarse, por lo menos, cuatro cilindros estándar para ensayar dos a 7 días y dos a 28 días de edad. A continuación puede disminuirse la fabricación de cilindros para ensaye de 7 días, limitándolos a una de cada tres muestras obtenidas. Deben tomarse precauciones adecuadas para que la temperatura de los cilindros destinados al ensaye de 7 días no descienda a un valor inferior de 20 °C.

f.5 Cuando se requiera conocer la edad a que convenga descimbrar o poner en servicio una estructura, podrán fabricarse varios cilindros adicionales para curarlos en las mismas condiciones de la estructura y ensayarlos a edades sucesivas hasta alcanzar la resistencia necesaria para el objeto propuesto. Estos cilindros no deberán ser considerados estándar, para fines de verificar la calidad potencial del concreto.

f.6 Antes de comenzar la obra deben ensayarse mezclas de prueba con el proporcionamiento seleccionado, a fin de comprobar las resistencias que pueden obtenerse a 7 y 28 días en las condiciones de trabajo. Deben elaborarse tres mezclas iguales de prueba, por lo menos, y fabricar cuatro cilindros estándar de cada una para ensayar dos a 7 días y dos a 28 días. Debe considerarse como resistencia probable a 7 días el promedio de las obtenidas ~~en las tres mezclas de prueba, cuando todas las resistencias a 28 días sean~~ iguales o mayores que la de proyecto.

f.7 Las resistencias obtenidas en cilindros estándar ensayados a 7 días durante la construcción deben compararse con la probable a esa misma edad. Si el promedio de tres ensayos consecutivos es inferior al 75 por ciento de la resistencia probable, debe procederse de inmediato a revisar todo el proceso de fabricación del concreto. Mientras se consiga descubrir la posible causa de la baja resistencia obtenida a 7 días, deberá cambiarse el proporcionamiento para obtener la f_{cr} inmediata mayor en la tabla correspon

diente (3.2 o 3.3)

f.8 Cuando se obtengan resultados de 30 ensayos consecutivos de resistencia a 28 días de edad, deben analizarse estadísticamente como se describe en el subcapítulo 5.6, a fin de observar si la distribución de frecuencias tiende a ser normal y determinar su coeficiente de variación global, V . Si la obra aún se encuentra en ejecución, y si el valor de V determinado difiere más de 2 por ciento en exceso del supuesto, debe establecerse un nuevo proporcionamiento para la f_{cr} que resulte de considerar el coeficiente de variación inmediato superior en la tabla 1.2.

5.6 Análisis gráfico de resistencias

Para facilitar el juicio estadístico de los grupos de, por lo menos, 30 ensayos de resistencias a 28 días, que se reúnan en el curso de la ejecución del concreto, se describe un procedimiento gráfico simplificado, de fácil aplicación en obra.

Se basa en lo siguiente (fig 5.7): si la curva de distribución normal de frecuencias, o de Gauss (fig 5.7a), se transfiere a un diagrama en que las ordenadas sean las frecuencias acumuladas, se obtendrá la curva representada en la fig 5.7b, y si esta a su vez se transfiere a otro diagrama en que las ordenadas varíen conforme a la ley gaussiana, debe resultar una línea recta como se indica en la fig 5.7c, la cual interseca a la línea horizontal de ordenada 50 en un punto cuya abscisa es el valor promedio, \bar{X} . Conforme a lo señalado en el subcapítulo 1.2 para la curva de distribución normal de frecuencias, dentro del intervalo $\bar{X} \pm \sigma$ se encuentra comprendido el 68 por ciento de los valores, es decir, 16 por ciento de valores son inferiores a $\bar{X} - \sigma$ y 16 por ciento son mayores que $\bar{X} + \sigma$. En esta forma, los puntos en que la recta (fig 5.7c) interseque a las líneas horizontales de ordenadas 16 y 84, deben tener abscisas que difieran de la \bar{X} en magnitudes iguales a σ , como se indica en la misma fig 5.7c.

Para describir la secuencia de operaciones como se aplican los conceptos anteriores, se incluye un ejemplo en el cual se dispone de resultados de 30 ensayos consecutivos de resistencia de concreto, a 28 días de edad.

Ensaye No	Resistencia a compresión, en kg/cm^2		
	Cilindro 1	Cilindro 2	Promedio
1	254	242	248
2	223	227	225
3	249	263	256
4	209	213	211
5	262	246	254
6	239	239	239
7	278	260	269
8	231	217	224
9	237	247	242
10	226	232	229
11	270	248	259
12	218	216	217
13	254	246	250
14	241	229	235
15	189	205	197
16	271	297	284
17	255	237	246
18	221	245	233
19	267	263	265
20	217	225	221
21	252	228	240
22	229	225	227
23	288	258	273
24	293	303	298
25	254	256	255
26	237	225	231
27	209	207	208
28	235	253	244
29	172	190	181
30	247	251	249

En el cuadro inferior de la fig 5.8 se presenta el diagrama de frecuencias de estos resultados, con los correspondientes números de valores que ocurren en cada intervalo, expresados en porcentaje acumulado. Tras trasladando estos porcentajes como ordenadas al cuadro superior de la misma figu

ra, se definen varios puntos con clara tendencia a ordenarse según una recta, trazada la cual se observa que interseca a las horizontales de 16, 50 y 84 por ciento en puntos cuyas abscisas respectivas, estimadas en forma gráfica, son 216, 240 y 264 kg/cm². De esta manera, se obtiene:

$$\bar{X} = 240 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = (240 - 216) = (264 - 240) = 24 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100 = \frac{24}{240} \times 100 = 10 \text{ por ciento}$$

Para ilustrar lo que procede hacer con esta información, respecto al concreto que debe fabricarse a partir de su conocimiento, se presentan tres casos en que el concreto representado por estos 30 resultados es de tres diferentes calidades de diseño:

a) El concreto especificado es $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, clase 2 (ACI-214). En la tabla 1.2, columna que corresponde a $V = 10$ por ciento, se observa que f_{cr} debe ser igual a 273 kg/cm^2 , para cumplir con esa clase de concreto. Como $\bar{X} < f_{cr}$ ($240 < 273$) hay que modificar el proporcionamiento para incrementar la resistencia promedio en, por lo menos, 33 kg/cm^2 , que es el defecto obtenido, esto es, debe aumentarse el consumo de cemento.

b) El concreto especificado es $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, clase 1 (ACI-214). En la misma tabla 1.2, e igual columna, se observa que f_{cr} debe ser igual a 241 kg/cm^2 para cumplir con esa clase de concreto. Como $\bar{X} = f_{cr}$, se conserva el mismo proporcionamiento, o sea, no se modifica el consumo de cemento.

c) El concreto especificado es $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, clase única (ACI-318). En la misma tabla y columna se observa que f_{cr} debe ser igual a 202 kg/cm^2 , para cumplir con la clase especificada. Como $\bar{X} > f_{cr}$ ($240 > 202$) puede modificarse el proporcionamiento para disminuir la resistencia promedio en 38 kg/cm^2 , aproximadamente, que fue el exceso observado, es decir, puede reducirse el consumo de cemento.

5.7 Referencias

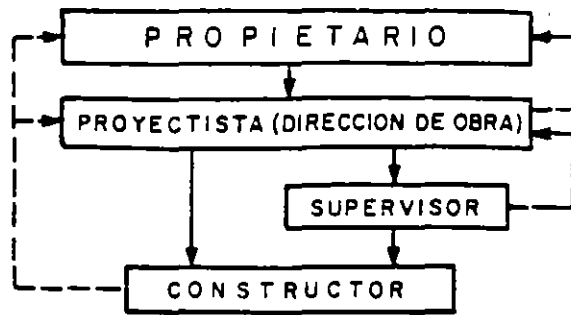
- 5.1 "Recommended Practice for Concrete Inspection", ACI Journal, Committee 311 (1964)
- 5.2 "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", Proposed Revision, ACI Journal, Committee 318 (feb 1970)
- 5.3 L. J. Murdock, "Methods of Achieving Control of Quality", Symposium on Mix, Design and Quality Control of Concrete, Londres (1954)
- 5.4 "Standard Method of Sampling Fresh Concrete, C 172", American Society for Testing and Materials, Book of Standards, Parte 10 (1970)
- 5.5 British Standard 1881, Londres (1968)
- 5.6 Riley, Orrin, Cooper y B. Stuart, "Concrete Control on a Major Project", ACI Journal (feb 1971)
- 5.7 J. M. Juran, "Quality Control Handbook", McGraw-Hill Book Co., Inc., Nueva York (1962)
- 5.8 "Standard Specification for Ready-Mixed Concrete C 94", ASTM, Book of Standards, Parte 10, Filadelfia (1970)
- 5.9 M. Papadakis y M. Venuat, "Manuel du laboratoire d'essais des ciments, mortiers, betons", Eyrolles, Paris (1969)

TABLA 5.1 ALGUNAS CAUSAS IMPORTANTES DE DEFECTOS DE CONSTRUCCION EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y REMEDIOS POSIBLES

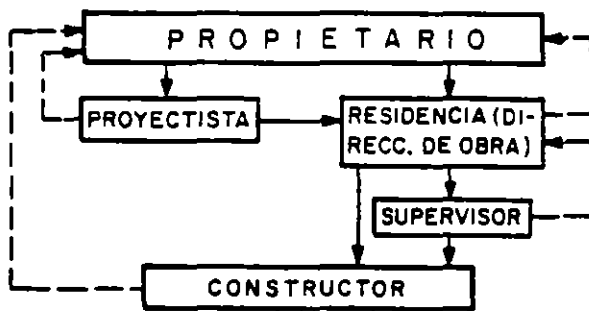
DEFECTO	CAUSA PROBABLE	REMEDIO POSIBLE
Alineamiento inadecuado del concreto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño inadecuado de cimbra 2. Montaje deficiente de cimbra 3. Colocación demasiado rápida del concreto, según diseño de cimbra 4. Caída libre del concreto dentro del espacio cimbrado 5. Uso de vibración en cimbras no diseñadas o montadas para ser vibradas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corregir diseño 2. Apretar pernos, comprobar cuñas y fijar puntales. 3. Modificar diseño de cimbra o ajustar velocidad de producción de concreto 4. Mejorar arreglo y técnica para colocar el concreto 5. Mejorar diseño y técnica de montaje de las cimbras
Juntas de construcción en posiciones no previstas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de atención al diseño de la cimbra 2. Suspensión del colado durante la colocación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Señalar la posición de las juntas en el detalle de la cimbra 2. <ol style="list-style-type: none"> a) Mejorar la técnica de la cuadrilla de colado para evitar interrupciones b) Ajustar el volumen de concreto por colado a la capacidad de la planta c) Eliminar fallas de la planta mediante mantenimiento regular
Juntas de construcción mal hechas, inclusive con huecos arriba de la junta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de remoción de la costra de lechada de concreto colocado previamente 2. Falta de limpieza 3. Cimbras no herméticas o que ceden bajo presión, dejando escapar lechada o mortero 4. Mezcla demasiado áspera 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoción de la costra de lechada con capillo de alambre, chorro de arena húmeda, etc. 2. Limpieza cuidadosa con chorro de agua y aire a presión 3. Corregir el diseño o la técnica de montaje de la cimbra 4. <ol style="list-style-type: none"> a) Revisar diseño de la mezcla b) Verificar proporciones de materiales en la mezcladora

TABLA 5.1 (CONTINUACION)

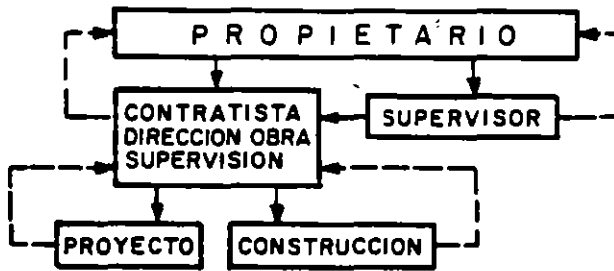
	<p>5. Concesión para hacer fluir el concreto a lo largo del espacio cimbrado</p>	<p>5. a) Instruir a la cuadrilla de colocar el concreto uniformemente en todo el espacio cimbrado</p> <p>b) Mejorar el método de transporte y colocación para simplificarlo y hacerlo uniforme</p>
<p>Zonas cavernosas (panales de abeja)</p>	<p>1. Pérdida de lechada o mortero</p> <p>2. Escasez de arena en algunas revolturas</p> <p>3. Cambio en la granulometría de los agregados</p> <p>4. Segregación del concreto mezclado al llegar a la estructura</p> <p>5. Segregación del concreto durante su colocación</p> <p>6. Falta de compactación</p>	<p>1. Verificar la estanqueidad de la cimbra</p> <p>2. a) Aumentar la vigilancia en la dosificación</p> <p>b) Mezclar más intensamente</p> <p>3. Comprobar frecuentemente la granulometría de los agregados y ajustar los proporcionamientos</p> <p>4. a) Cambiar el arreglo empleado para transportar el concreto</p> <p>b) Modificar el diseño de la mezcla para disminuir su tendencia a segregarse</p> <p>5. a) Mejorar la técnica de colocación</p> <p>b) Mejorar el sistema empleado para colocar el concreto</p> <p>6. a) Mejorar la técnica usada para compactar el concreto</p> <p>b) Revisar número, tamaño y condiciones de operación de los vibradores</p>



a) El supervisor depende del proyectista y director de la obra



b) El supervisor es un auxiliar de la residencia de la obra



c) La supervisión es ejercida directamente por el propietario de la obra

—————> Líneas de acción
 - - - - -> Líneas de responsabilidad

Fig 5.1. Posiciones usuales en que se ubica la supervisión durante la construcción de una obra

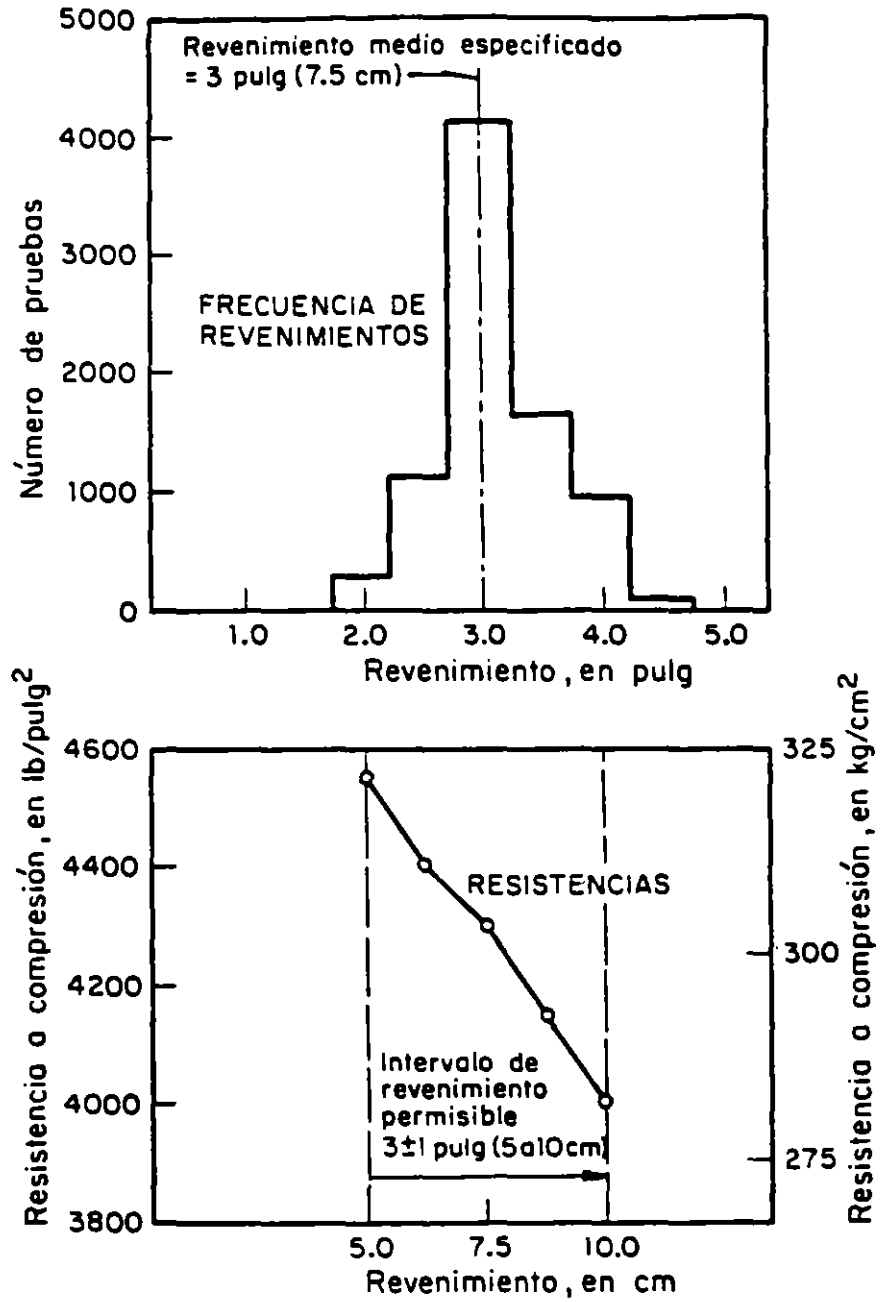
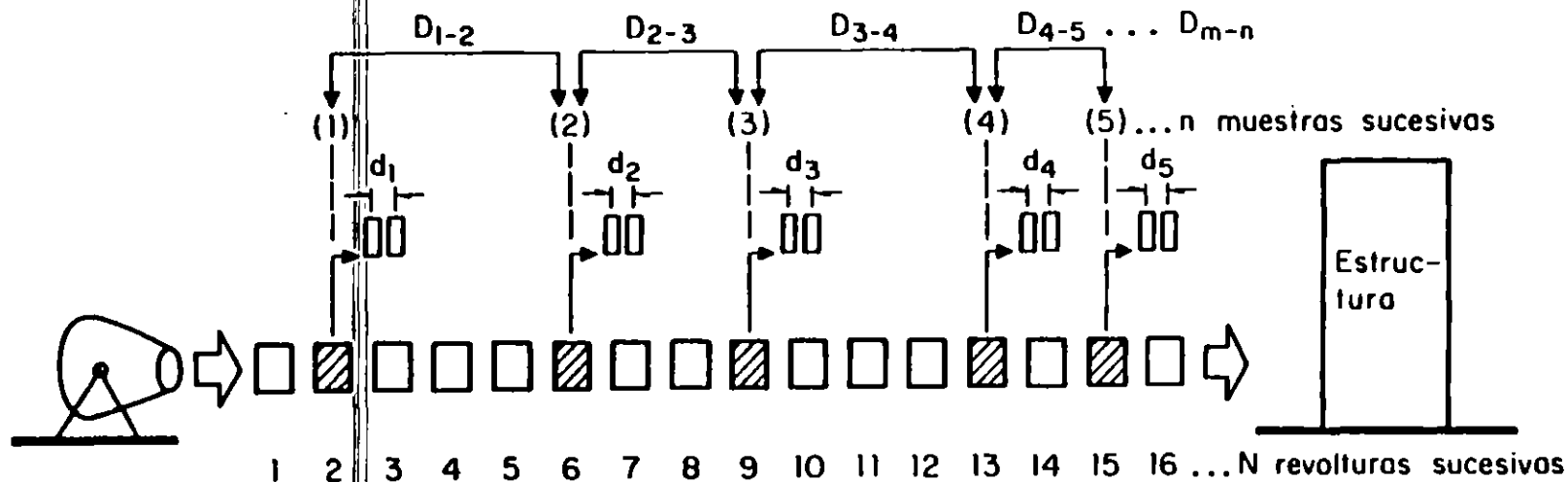


Fig 5.2. Distribución de frecuencias de resultados de pruebas de revenimiento y correspondiente variación de la resistencia del concreto



SIMBOLOS

- Revoltura no muestreada
- Revoltura muestreada
- Espécimen cilíndrico para determinar la resistencia del concreto endurecido

NOTACION

- $x_{1,1}$ Resistencia obtenida en el espécimen 1 de la muestra 1
- $d_1 = (x_{1,1} - x_{2,1})$ Diferencia de resistencias de especímenes compañeros (variación en el seno de la revoltura)
- $X_1 = (x_{1,1} + x_{2,1}) / 2$ Resistencia promedio de la muestra 1
- $D_{1-2} = (X_1 - X_2)$ Diferencia de las resistencias promedio de las muestras 1 y 2 (variación de revoltura a revoltura)

Fig 5.3. Esquema del proceso de muestreo aleatorio de revolturas de concreto

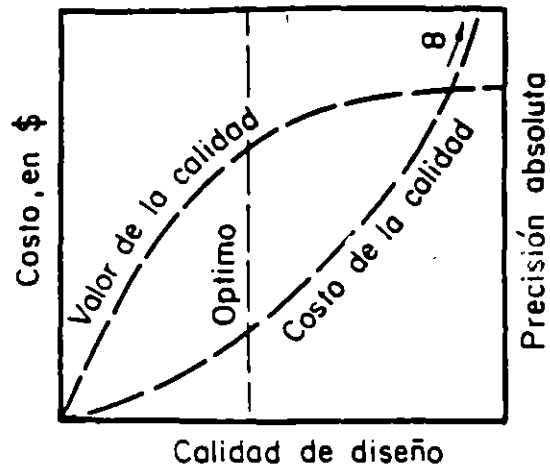


Fig 5.4a. Al diseñar la calidad del producto hay que balancear el costo que representa alcanzar esa calidad y el valor que tiene la misma

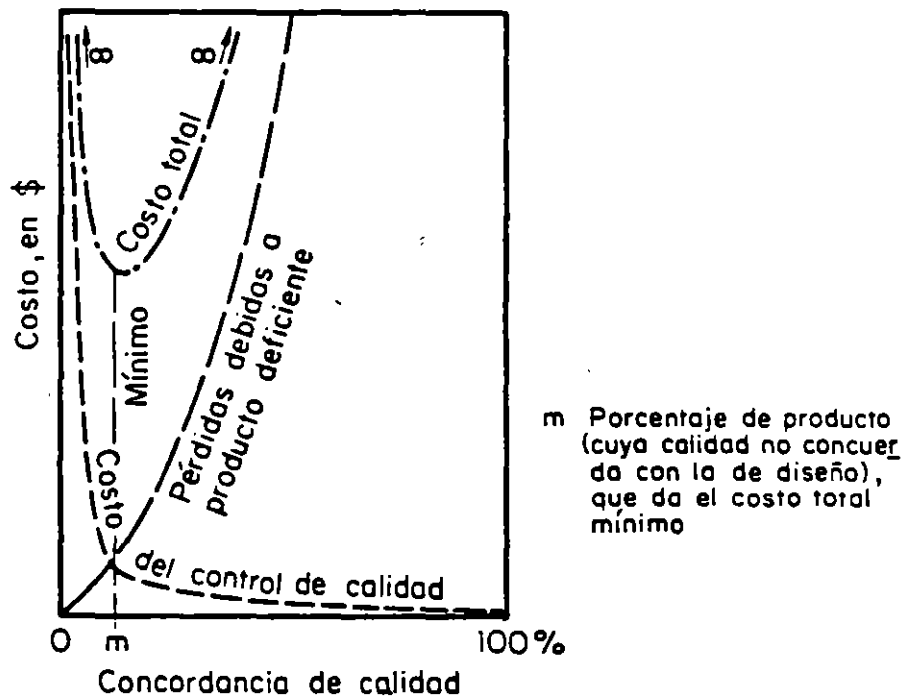


Fig 5.4b. Al reproducir el producto diseñado hay que considerar la posibilidad de que la calidad de una fracción no concuerde con la de diseño

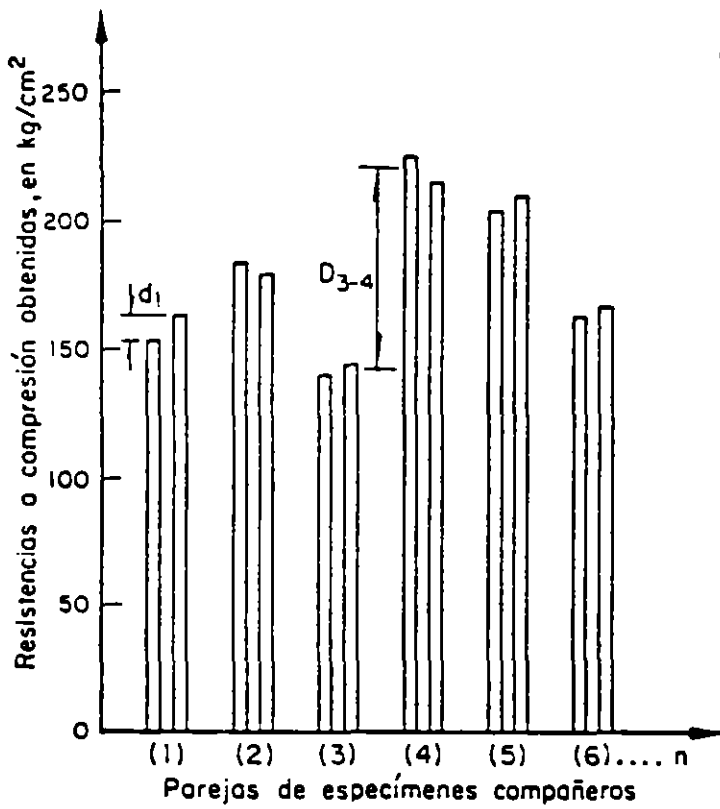


Fig 5.5a. El ensaye de especímenes compañeros no necesariamente conduce a resistencias idénticas

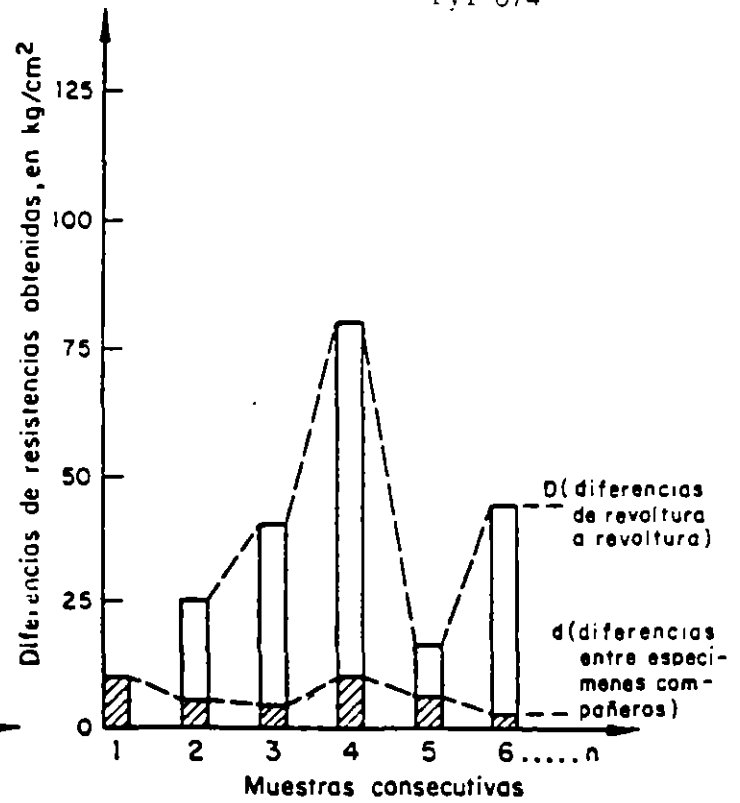


Fig 5.5b. Las diferencias de resistencia entre especímenes compañeros deben ser menores de las que se producen entre revolturas

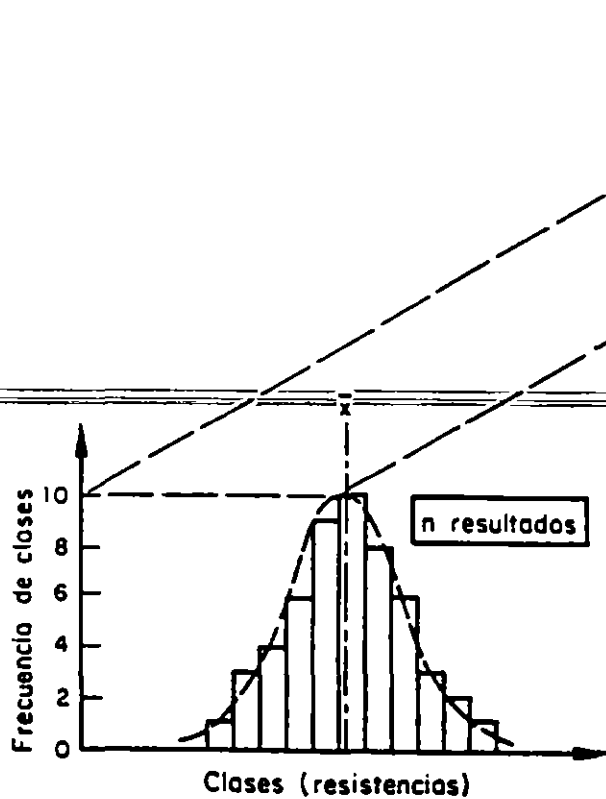


Fig 5.6a. Diagrama de distribución de frecuencias para n resultados obtenidos por medio de muestreo aleatorio (una muestra por cada 25 revolturas)

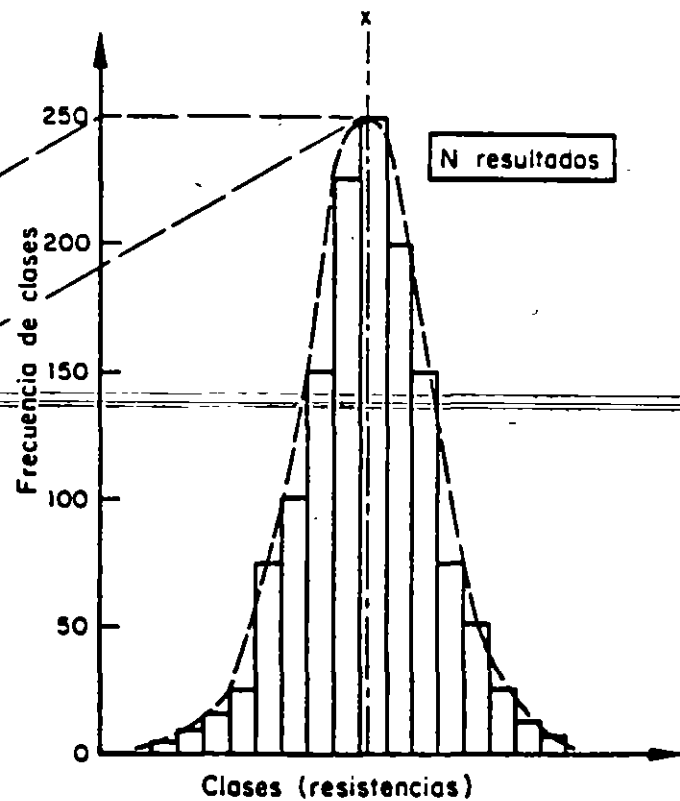


Fig 5.6b. Diagrama de distribución de frecuencias para N resultados obtenidos por muestreo de todas las revolturas (una muestra de cada revoltura)

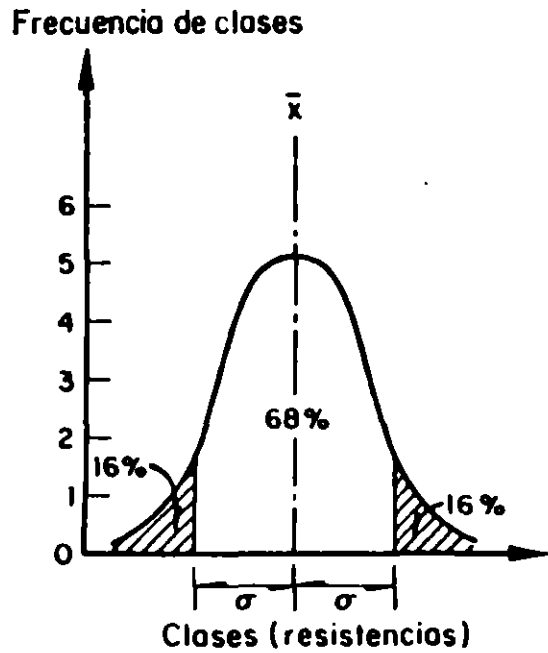


Fig 5.7a. Presentación usual del diagrama de distribución normal de frecuencias

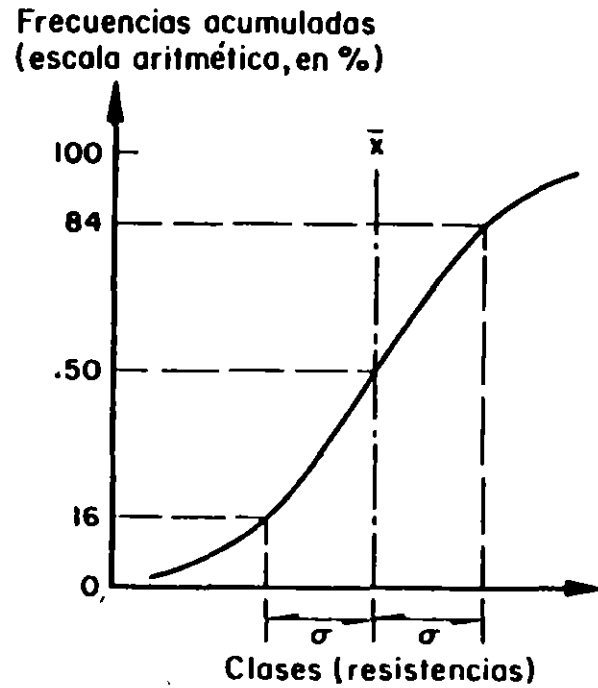


Fig 5.7b. Representación del diagrama de distribución normal, con frecuencias acumuladas

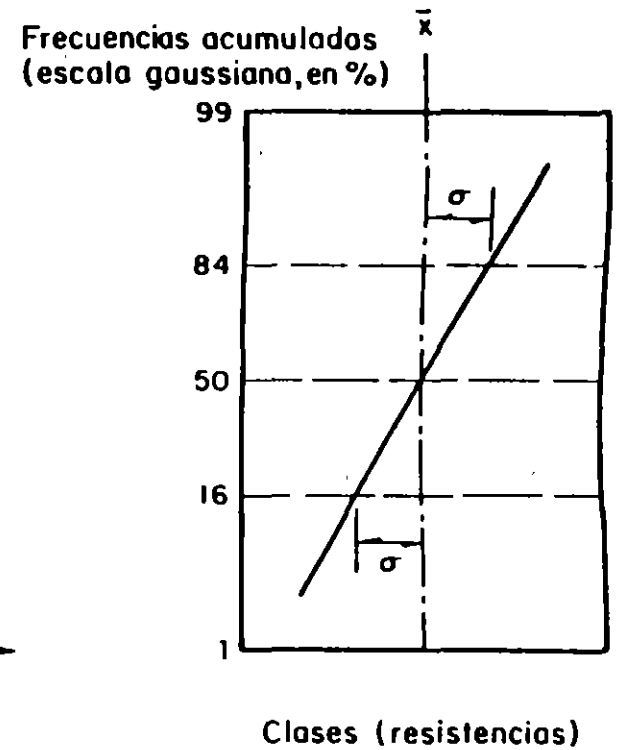


Fig 5.7c. Conversión a una recta empleando escala probabilística (gausiana)

6. NORMAS Y METODOS DE PRUEBA

6.1 Normas

6.1.1 Cemento portland*

Definición. Cemento portland es el conglomerante hidráulico que resulta de la pulverización del clínker, frío, a un grado de finura determinado, al cual se le adicionan sulfato de calcio natural, o agua y sulfato de calcio natural. A criterio del productor pueden incorporarse, ~~además, como auxiliares a la molienda o para impartir determinadas propiedades~~ al cemento, otros materiales en proporción tal que no sean nocivos para el comportamiento posterior del producto, de acuerdo con lo especificado en la Norma de Aditivos para Proceso de Elaboración del Cemento Portland DGN C133 en vigor.

Clasificación. Para los efectos de estas especificaciones, el cemento portland se considerará clasificado en los cinco tipos siguientes:

* Resumen de la Norma DGN C1 (ref 6.1).

I. Común. Para uso general en construcciones de concreto cuando no se requieran las propiedades especiales de los tipos II, III, IV y V.

II. Modificado. Destinado a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de los sulfatos, o cuando se requiera un calor de hidratación moderado.

III. De rápida resistencia alta. Para elaboración de concretos en los que se requiere alta resistencia a temprana edad.

IV. De bajo calor. Cuando se requiere un calor de hidratación reducido.

V. De alta resistencia a los sulfatos. Cuando se requiere una alta resistencia a la acción de los sulfatos.

NOTA. El cemento portland blanco se considerará clasificado en el tipo I. Dado su bajo o nulo contenido de óxido férrico, se caracteriza únicamente por ser blanco y no gris.

Requisitos. En la tabla 6.1 se presentan los requisitos físicos que deben satisfacer los distintos tipos de cemento portland. Los requisitos químicos pueden consultarse en la Norma DGN C1.

6.1.2 Agregados*

6.1.2.1 Agregado fino. El agregado fino debe ser arena natural, arena triturada, o una combinación de ambas.

6.1.2.1.1 Granulometría

Con las excepciones mencionadas en el párrafo siguiente, debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la tabla 6.2.

* Resumen de la Norma ASTM C33 (ref 6.2).

Excepciones.* Concreto con aire incluido que contenga más de 250 kg de cemento por metro cúbico, o concreto sin aire incluido que contenga más de 310 kg de cemento por metro cúbico, o bien si se usa un aditivo mineral aprobado que compense la deficiencia de porcentajes que pasan las mallas Nos 50 y 100.

El agregado fino no tendrá más del 45 por ciento retenido entre dos mallas consecutivas de las que se indican en la tabla 6.2, y su módulo de finura no será menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

6.1.2.1.2 Sanidad

El agregado fino sujeto a cinco ciclos de ensaye de sanidad deberá mostrar una pérdida no mayor de 10 por ciento cuando se use sulfato de sodio o de 15 por ciento cuando se use sulfato de magnesio.

Excepciones. Puede aceptarse agregado fino que no cumpla los requisitos del párrafo anterior siempre que otros concretos de propiedades comparables, fabricados con agregados similares procedentes de la misma fuente, hayan dado servicio satisfactorio al quedar expuestos a condiciones climatológicas semejantes a las que se espera encontrar.

~~6.1.2.1.3 Limitación de sustancias deletéreas~~

a) La cantidad de sustancias deletéreas en el agregado fino no excederá los límites prescritos en la tabla 6.3.

b) Impurezas orgánicas. El agregado fino estará libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Deben rechazarse los agregados que al someterse al ensaye de impurezas orgánicas produzcan un color más oscuro que el estándar.

* Consultar Norma ASTM C33.

Excepciones*:

Cuando la coloración se deba principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares.

Si la resistencia relativa de mortero, a los 28 días, determinada de acuerdo con el método ASTM C87, no es menor que el 95 por ciento.

c) El agregado fino que se use para fabricar concreto que vaya a estar sujeto a humedad, exposición prolongada bajo atmósfera húmeda o contacto con terreno húmedo, no debe contener ningún material que produzca reacciones dañinas con los álcalis del cemento, de magnitud tal que causen expansión excesiva del mortero o concreto. No obstante, si tal material o materiales están presentes en cantidades perjudiciales, el agregado fino puede usarse con un cemento que contenga menos de 0.60 por ciento de álcalis, calculados como óxido de sodio, o bien con la adición de un material que haya demostrado evitar la expansión perjudicial debida a la reacción álcali-agregado. Las disposiciones de este párrafo también deben aplicarse al agregado grueso.

6.1.2.2 Agregado grueso. Debe ser grava natural, grava triturada, piedra triturada, o una combinación de ellas, conforme a los requisitos de estas especificaciones.

Granulometría

Deberá cumplir con los requisitos señalados en la tabla 6.4.

Sanidad y abrasión

Con las excepciones señaladas, se deben cumplir los requisitos de la tabla 6.5.

Excepciones*:

Puede aceptarse el agregado grueso que no cumpla con los

* Consultar Norma ASTM C33.

requisitos de sanidad de la tabla 6.5, a condición de que un concreto de propiedades comparables fabricado con agregados similares procedentes de la misma fuente, haya dado servicio satisfactorio al quedar expuesto a condiciones atmosféricas semejantes a las que se van a encontrar.

Puede usarse el agregado grueso que no cumpla los requisitos de abrasión de la tabla 6.5, siempre que con él se obtenga concreto de resistencia satisfactoria fabricado según el proporcionamiento seleccionado para el trabajo.

Sustancias deletéreas.

Los requisitos se presentan en la tabla 6.6.

Para agregado grueso también debe aplicarse el inciso c de 6.1.2.1.3.

6.1.3 Compuestos líquidos que forman membranas para curado de concreto*

Clasificación. Se incluyen cuatro tipos generales: 1) claro o traslúcido; 2) con pigmentos blancos; 3) con pigmentos gris claro; 4) negro.

Composición y propiedades. No hay restricción para los ~~gradientes de los compuestos líquidos que forman membranas de curado, a~~ condición de que ninguno sea tóxico o peligrosamente inflamable.

El compuesto tipo 1 debe ser de color claro, pueda contener un colorante efímero, y deberá poderse distinguir fácilmente sobre la superficie del concreto cuando menos durante cuatro horas después de su aplicación. Si tiene algún color, este ya no debe notarse a los 7 días.

* Resumen de la Norma ASTM C309 (ref 6.2).

Los compuestos tipo 2 y 3 constarán respectivamente de pigmentos blanco y gris claro finamente divididos y un vehículo, ya mezclados para usarse inmediatamente sin necesidad de alterarlos; cuando se apliquen a una superficie nueva de concreto en la medida especificada, deben presentar una apariencia blanca o gris claro y deben ocultar efectivamente al color original del concreto.

Naturaleza de la membrana. El compuesto debe adherirse al concreto húmedo y formar una película coherente continua cuando se aplique en la medida especificada. Al secarse, la envoltura debe quedar continua, flexible y sin roturas o agujeros, y permanecer como una película continua por lo menos durante siete días después de aplicarse al espécimen de laboratorio. Los compuestos líquidos que forman membranas de curado no deben reaccionar en forma dañina con el concreto.

Consistencia, estabilidad y tiempo de secado. Los compuestos líquidos para formar membranas de curado deben tener tal consistencia que puedan ser rociados fácilmente con atomizadores de manera que formen un recubrimiento uniforme, a temperaturas mayores de 4 °C. Deberán poder almacenarse durante 3 meses por lo menos sin que se deterioren, excepto que no debe esperarse que los compuestos del tipo de emulsión en agua resistan la congelación. Un compuesto no debe asentarse hasta el grado de que no pueda recuperar fácilmente su uniformidad mediante una agitación moderada con una varilla o con aire comprimido. Cuando se aplique en la medida especificada sobre una superficie húmeda de concreto, debe sentirse seco al tacto en un lapso de no más de 4 horas a 23 ± 2 °C y 50 ± 10 por ciento de humedad relativa. Al secarse, el compuesto no debe quedar pegajoso, ni deben quedar huellas en el concreto al caminar sobre él, ni debe impartir el concreto una superficie resbalosa.

Retención de humedad. Cuando sea ensayado en la prueba de retención de agua, un compuesto liofido para formar membrana de curado debe restringir la pérdida de agua que esté presente en el espécimen a no más de 0.055 g por cm^2 de superficie.

6.2 Métodos de prueba

6.2.1 Agregados

6.2.1.1 Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos*

Equipo

Balanza, tamices y horno de secado.

Muestra para el ensaye

La muestra de agregado cuyo análisis granulométrico vaya a efectuarse debe mezclarse completamente y reducirse a una cantidad apropiada por medio de un partidor de muestras o por cuarteo. El agregado fino se humedecerá antes de la reducción para hacer mínimas la segregación y la pérdida de partículas finas. La muestra para el ensaye debe ser aproximadamente del peso deseado cuando esté seca y debe ser también el resultado final del método de reducción.

Agregado fino. La muestra de ensaye de agregado fino de

~~be pesar, después de secada, lo siguiente:~~

Agregado del cual cuando menos el 95 por ciento pase la malla No 8 (2.38 mm)	100 g
---	-------

Agregado del cual cuando menos el 90 por ciento pase la malla No 4 (4.76 mm) y más del 5 por ciento quede rete nido en la malla No 8	500 g
--	-------

* Resumen del método ASTM C136 (ref 6.2).

Sin embargo, en ningún caso la fracción retenida en cualquier malla al final de la operación de cribado debe pesar más de 0.60 g por cm^2 de superficie de cribado.

Agregado grueso. La muestra de agregado grueso debe estar de acuerdo con lo indicado en la tabla 6.7.

Si los agregados fino y grueso están mezclados entre sí, el material debe separarse en dos tamaños usando la malla No 4.

Procedimiento

La muestra se seca hasta peso constante, a temperatura de 110 ± 5 °C.

Se acoplan los tamices en orden decreciente de tamaño de abertura de arriba hacia abajo y se coloca la muestra en la malla superior. Agítense los tamices a mano o mediante algún dispositivo mecánico durante un tiempo suficiente, establecido por tanteos o verificado por medio de mediciones sobre la muestra real de ensaye, para que cumpla con el criterio de aceptación del cribado, descrito en el párrafo siguiente.

Se continúa el cribado durante un periodo suficiente y de tal manera que, una vez terminado, no más de uno por ciento en peso del residuo en cualquier tamiz individual pase por él durante un minuto de cribado continuo a mano, efectuado como sigue:

Dicho tamiz, provisto de una charola ajustada en la parte inferior y de una tapa, se sostiene con una mano en posición ligeramente inclinada; mediante un movimiento hacia arriba se golpea secamente el costado del tamiz contra la palma de la otra mano, a razón de poco más o menos 150 veces por minuto, girándolo aproximadamente un sexto de vuelta a cada 25 golpes más o menos. Al determinar la suficiencia del cribado para tama

ños mayores que 4.76 mm (malla No 4), límitese el material que se coloque en el tamiz a una sola capa de partículas.

El cribado en seco es generalmente satisfactorio para ensayos de rutina en agregados con granulometría normal. Sin embargo, cuando se desee una determinación exacta de la cantidad total que pase la malla No 200, consúltense los métodos ASTM C136 y C117.

Se determina el peso del material retenido en cada tamiz, redondeando al más próximo 0.1 por ciento del peso de la muestra y se calculan los porcentajes con respecto al peso total de esta.

6.2.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino*

a) Equipo

Balanza, picnómetro, molde troncocónico, pisón.

b) Preparación de la muestra

Se obtienen aproximadamente 1 000 g de agregado fino de la muestra usando un partidador, o bien por cuarteo. Se secan en un recipiente adecuado hasta peso constante, a una temperatura de 100 a 110 °C y se permite que la arena se enfríe hasta una temperatura en que pueda manejarse con comodidad; luego se cubre con agua y se mantiene en esta condición durante 24 ± 4 horas. El exceso de agua se decanta con cuidado para evitar pérdidas de material muy fino, la muestra se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente ligera de aire tibio y se agita constantemente para asegurar que el secado sea uniforme. Esta operación se continúa hasta que la muestra se aproxime a una condición en que pueda fluir libremente. Después se coloca una porción del agregado fino parcialmente seco en forma suelta en el molde troncocónico, que descansará firmemente sobre una superficie suave no absorbente, con el diámetro mayor abajo; se compacta ligeramente la superficie 25 veces, y se levanta el molde en forma vertical. Si

* Resumen del método ASTM C128 (ref 6.2).

todavía hay humedad superficial, el agregado fino conservará la forma del molde. En tal caso, continúese el secado acompañado de agitación constante y ensáyese a intervalos frecuentes hasta que el agregado fino compactado baje ligeramente al retirar el molde. Esto indicará que el agregado ha alcanzado la condición de superficialmente seco.

c) Procedimiento que se sugiere

Inmediatamente después, se introducen en el picnómetro 500.0 g de agregado fino, preparado como se describe en el párrafo b) y se llena aquel de agua hasta aproximadamente el 90 por ciento de su capacidad. Se le hace girar, se invierte y agita para eliminar todas las burbujas de aire. La temperatura del picnómetro se ajusta a 23 ± 2 °C, si es necesario, mediante inmersión en agua corriente y el nivel de agua se lleva hasta la capacidad calibrada. Se determina el peso total del picnómetro, muestra y agua. Este y todos los otros pesos se registran redondeando al más próximo 0.1 g.

Después se retira el agregado fino del picnómetro, se seca hasta peso constante, a una temperatura de 100 a 110 °C, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1/2 a 1 1/2 horas, y se pesa.

Finalmente se determina el peso del picnómetro lleno hasta su capacidad de calibración con agua a 23 ± 2 °C.

d) Cálculos

Para el procedimiento descrito, se aplican las fórmulas siguientes:

$$\text{Peso específico (condición de saturado y superficialmente seco)} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

$$\text{Absorción (en porcentaje)} = \frac{(500 - A) \times 100}{A}$$

donde

- A peso en el aire de la muestra secada en horno, en g
- B peso del picnómetro lleno de agua, en g
- C peso del picnómetro con la muestra y agua hasta la marca de calibración, en g

6.2.1.3 Peso específico y absorción del agregado grueso*

Equipo

Balanza, horno secador, una canasta de alambre de aproximadamente igual ancho que alto, con capacidad de 4 000 a 7 000 cm³, y un dispositivo adecuado para colgarla, estando sumergida en el agua, del centro del platillo de la balanza.

Muestra

Se seleccionan por el método de cuarteo, aproximadamente 5 kg de agregado de la muestra que se va a ensayar, rechazando el material que pase por la malla No 4 (4.75 mm).

Procedimiento

Después de lavar cuidadosamente la muestra para remover el ~~polvo u otros recubrimientos extraños de la superficie de las partículas,~~ se seca hasta peso constante a una temperatura de 100 a 110 °C, se enfría al aire a la temperatura ambiente del laboratorio, durante una a tres horas, y después se sumerge en agua a la temperatura ambiente del laboratorio durante un periodo de 24 ± 4 horas.

Se retira la muestra del agua y se enrolla en una tela grande absorbente hasta que todas las películas visibles de agua se hayan removi

* Resumen del método ASTM C127 (ref 6.2).

do, secando los fragmentos de mayor tamaño individualmente. Téngase cuidado para evitar la evaporación del agua de los poros del agregado durante la operación de secado superficial. Después se obtiene el peso de la muestra en la condición saturada y superficialmente seca, y se registra este y todos los pesos subsecuentes redondeando al más próximo 0.5 g.

Inmediatamente después del pesado se coloca la muestra saturada y superficialmente seca en la canasta de alambre y se determina su peso sumergido en agua a 23 ± 2 °C y cuya densidad sea de 0.997 ± 0.002 g/cm³. Téngase cuidado de remover todo el aire entrapado antes de determinar el peso, agitando la canasta conforme se sumerja.

La muestra se seca hasta peso constante a una temperatura de 100 a 110 °C, se deja enfriar a la temperatura del laboratorio de 1 a 3 horas, y se pesa.

Cálculos

$$\text{Peso específico (condición de saturado y superficialmente seco)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Absorción (en porcentaje)} = \frac{(B - A) \times 100}{A}$$

donde

- A peso en el aire de la muestra secada en horno, en g
- B peso en el aire de la muestra saturada y superficialmente seca, en g
- C peso sumergido de la muestra saturada, en g

6.2.1.4 Contenido de humedad total de los agregados, por secado*

Equipo

Balanza, fuente de calor capaz de mantener la temperatura que rodee a la muestra entre 100 y 110 °C, recipiente para la muestra y agitador.

* Resumen del método ASTM C566 (ref 6.2).

Muestra

Deberá obtenerse una muestra del agregado representativo del contenido de humedad en la fuente de abastecimiento por ensayar, y, en el caso de agregado de peso normal, deberá pesar no menos de lo que se indica en la tabla 6.8.

Procedimiento

La muestra se pesa redondeando al más próximo 0.1 por ciento, evitando al máximo pérdidas de humedad. Se seca totalmente en el recipiente, por medio de la fuente de calor, teniendo cuidado de evitar pérdidas de cualquier partícula. Se considera completamente seca cuando con calentamiento adicional pierde menos de 0.1 por ciento de su peso.

Después la muestra seca se pesa redondeando al más próximo 0.1 por ciento, una vez que se haya enfriado lo suficiente para que no dañe la balanza.

Cálculo

Calcúlese el contenido de humedad total como sigue:

$$\text{Contenido de humedad total, en porcentaje} = \frac{(W - D) \times 100}{D}$$

donde

W peso de la muestra original, en g

D peso de la muestra seca, en g

El contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido de humedad total y la absorción.

6.2.1.5 Impurezas orgánicas en arenas para concreto*

Equipo. Botellas de vidrio.

Reactivo y solución de color estándar para referencia.

* Resumen del método ASTM C40 (ref 6.2).

Solución reactiva de hidróxido de sodio (3 por ciento). Se disuelven 3 partes de hidróxido de sodio (NaOH) en 97 partes de agua, por peso.

Solución de color estándar para referencia. Se disuelve di cromato de potasio grado reactivo ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en ácido sulfúrico concentrado (peso específico 1.84), a razón de 0.250 g por 100 ml de ácido. La solución debe estar recién hecha para efectuar la comparación de colores; si es necesario, puede usarse algo de calor al hacer la solución.

Muestra. Se obtiene una muestra representativa de la arena, que pese aproximadamente 500 g, por medio del método de cuarteo o con un partidador de muestras.

Procedimiento

Se llena una botella de vidrio hasta la marca correspondiente a 130 ml con la muestra de arena que se vaya a ensayar y se añade una solución al 3 por ciento de hidróxido de sodio en agua hasta que el volumen de la arena y del líquido, después de agitar la solución, sea de 200 ml. Se coloca el tapón de la botella, se agita vigorosamente y se deja reposar durante 24 horas.

Determinación del valor del color

Procedimiento preferible. Al terminar el periodo de reposo de 24 horas, se llena una botella hasta la marca correspondiente a 75 ml con la solución que indica el color estándar de referencia, la cual debe haberse preparado dentro de las dos horas anteriores. Luego se compara el color del líquido que quede sobre la muestra, una vez que se haya formado el precipitado, con el color de la solución estándar de referencia y se registra si es más claro, más oscuro, o de igual color. La comparación de colores debe hacerse sosteniendo las dos botellas juntas y mirando a través de ellas.

Procedimiento optativo. En lugar del procedimiento anterior, el color del líquido que quede sobre la muestra de ensaye después del precipitado, puede compararse con un vidrio que tenga un color equivalente al de la solución estándar de referencia.

6.2.1.6 Valor equivalente de arena*. Por medio de este método pueden conocerse, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de finos plásticos y polvos en arenas.

Equipo. Es un conjunto especial que consta de: cilindro de medición graduado, tubo irrigador, zapata lastrada, bote para medir la muestra, tamiz No 4, embudo, dos botellas de 4 lt, charola de mezclado y cronómetro.

Solución de cloruro de calcio

Solución básica. Se prepara en la forma siguiente: 454 g de cloruro de calcio anhidro grado técnico se disuelven en 1.89 lt de agua destilada. La solución se deja enfriar y se filtra totalmente en papel filtro rápido. Después, se agregan 2 050 g de glicerina y 47 g de formaldehído (solución al 40 por ciento, por volumen), se mezcla bien y se adiciona agua hasta formar 3.78 lt.

Solución de trabajo. Se elabora diluyendo 85 ± 5 ml de la solución básica con agua destilada hasta obtener 3.78 lt.

Precauciones

El ensaye debe realizarse en un local exento de vibraciones; el cilindro de medición no ha de exponerse más de lo necesario a la luz solar directa. Ocasionalmente puede ser necesario eliminar brotes de hongos del recipiente de la solución de trabajo, así como del interior del tubo flexible y del tubo irrigador.

* Resumen del método ASTM D2419 (ref 6.3).

Preparación de la muestra. La muestra original debe ser suficiente para llenar cuatro botes de 85 ml de capacidad. Para cada ensaye se utiliza un bote lleno. Si hay necesidad de cribar o separar el material, debe humedecerse a fin de evitar segregación o pérdida de partículas muy finas. El material que se vaya a ensayar se debe secar hasta peso constante entre 95 y 120 °C.

Procedimiento

Estando la botella que tiene el dispositivo de sifón a 90 ± 3 cm arriba de la superficie de trabajo, se hace funcionar el sifón y se pasa solución al cilindro hasta el nivel de 100 ± 3 mm. Después, usando el embudo, se vacía la arena de un bote de medición en el cilindro y se golpea ligeramente el fondo para eliminar burbujas de aire y facilitar que la muestra se humedezca. Luego se deja reposar durante 10 min, se coloca el tapón y se afloja el material del fondo inclinando y agitando simultáneamente el cilindro. Enseguida, sosteniéndolo en posición horizontal, se agita este vigorosamente con un movimiento lineal horizontal de extremo a extremo, aproximadamente 90 veces durante 30 seg con una carrera de 23 ± 3 cm; al final de la agitación se coloca el cilindro en posición vertical sobre la mesa y se destapa.

Se introduce el tubo irrigador enjuagando el material de las paredes a medida que el irrigador baja, y se le hace penetrar en el material con movimientos torsionales ligeros hasta el fondo del cilindro. Durante esta operación, la solución sale constantemente por el extremo del tubo y la corriente arrastra al material fino por encima de las partículas gruesas de arena. Se continúa así hasta que el nivel de la solución llegue a la marca de 380 mm; luego se retira el irrigador sin interrumpir el flujo, de modo que el nivel se mantenga aproximadamente en 380 mm, y al final se ajusta a 380 mm. A partir del momento en que se haya retirado totalmente

te el irrigador déjese el conjunto en reposo durante 20 min \pm 15 seg, al final de los cuales se lee y registra el nivel de la parte superior de la arcilla en suspensión. Este valor se conoce como "lectura de la arcilla".

Después se coloca el conjunto de la zapata lastrada sobre el cilindro, se hace descender suavemente esta hasta que descansa sobre la arena y se lee y registra el nivel de la ranura del tornillo de centrar. Este valor se conoce como "lectura de la arena".

Cálculo. El equivalente de arena, EA, se calcula redondeando al más próximo 0.1 con la fórmula siguiente:

$$EA = \frac{Sr \times 100}{Cr}$$

donde

Sr lectura de la arena

Cr lectura de la arcilla

6.2.2 Concreto fresco

6.2.2.1 Muestreo*

a) Requisitos generales. El tiempo que transcurra entre la obtención de la primera y última porción de las muestras compuestas, debe ser tan corto como sea posible, y en ningún caso excederá de 15 min. Las muestras individuales se transportan al lugar donde vayan a realizarse las pruebas sobre concreto fresco, o donde se vayan a moldear los especímenes y se combinan y remezclan con una pala, al tiempo mínimo necesario para asegurar uniformidad. Las pruebas de rebanamiento y de contenido de aire deben comenzarse dentro de los primeros cinco minutos después de completar el muestreo y deben terminarse tan rápidamente como sea posible. El moldeado de especímenes para ensayos de resistencia debe iniciarse dentro de los primeros 15 min después de que se haya elaborado la muestra compuesta. El tien

po que transcurra entre la obtención y el empleo de la muestra será tan coto como sea posible, y esta debe protegerse de la evaporación rápida y de la contaminación.

b) Procedimiento*

Tamaño de la muestra. Para ensayos de resistencia, las muestras se hacen cuando menos de 28 lt. Pueden permitirse muestras más pequeñas para pruebas rutinarias de contenido de aire y de revenimiento; su tamaño estará en función del tamaño máximo del agregado.

Muestreo en revolvedoras estacionarias, que no sean pavimentadoras. El concreto debe muestrearse a dos o más intervalos espaciados regularmente durante la descarga de la porción intermedia de la revoltura. Las muestras así obtenidas se toman dentro de los límites de tiempo especificados en el párrafo a) y se combinan en una sola para ensaye. No deben tomarse muestras de la primera ni de la última porción de la descarga. El muestreo se efectúa pasando a través del chorro completo de descarga un receptáculo, o bien desviando completamente la descarga a un recipiente. Si la descarga del concreto es demasiado rápida para poderla desviar completa, el concreto se recibe en un recipiente o unidad de transporte lo suficientemente grande para la carga completa, y después se efectúa el muestreo en la misma forma que se indicó arriba. Debe tenerse cuidado de no restringir el flujo de concreto de la revolvedora, del recipiente, o de la unidad de transporte, a fin de evitar la segregación. Estos requisitos se aplican a revolvedoras basculantes y no basculantes.

Muestreo en revolvedoras para pavimentar. Se muestra después que se haya descargado el concreto. Las muestras se obtienen de cuando menos cinco porciones diferentes del montón, y después se combinan en una sola para ensaye. Debe evitarse la contaminación con material de la

* El muestreo normalmente debe realizarse a medida que el concreto es entragado de la revolvedora al vehículo de transporte a los moldes; sin embargo, las especificaciones de la obra pueden requerir otros puntos de muestreo, tal como en la descarga de una bomba para concreto.

subrasante, o el contacto prolongado con una subrasante absorbente.

Muestreo en revolvedoras, o agitadores montados en camión. Se aplican las recomendaciones dadas para revolvedoras estacionarias, considerando además que no deben obtenerse muestras antes de agregar toda el agua a la revolvedora, y que la velocidad de descarga ha de regularse mediante la velocidad de rotación del tambor y no con el tamaño de la abertura de compuerta.

6.2.2.2 Revenimiento*

Equipo. Molde para revenimiento y varilla para compactar de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y con un extremo en forma de hemisferio.

Muestra. Debe ser representativa de toda la carga de la revolvedora.

Procedimiento. Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie rígida, plana, húmeda y no absorbente. Inmediatamente después se llena en tres capas, de aproximadamente igual volumen, compactando cada una con 25 piquetes de varilla, distribuidos uniformemente sobre la sección transversal. Aproximadamente la mitad de los piquetes se aplican cerca del perímetro y se continúa en espiral hacia el centro. Las capas se compactan a través de sus respectivos espesores, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediata inferior. El operador debe sujetar al molde firmemente en su lugar durante el llenado, parándose sobre las dos salientes que para esta fin tiene en la parte inferior. Después que la última capa ha sido compactada, se enrasa el concreto con la varilla y en seguida se retira el molde cuidadosamente en dirección vertical con un movimiento uniforme sin aplicar giros torsionales. El retiro del molde debe hacerse en aproximadamente 5 a 10 segundos y la operación completa desde el comienzo del llenado se efectuará sin interrupción y no durará más de 2.5 min.

* Resumen del método ASTM C143 (ref 6.2).

Inmediatamente después se mide el revenimiento, que es la diferencia entre la altura del molde y la del concreto, tomada sobre el centro original de la base del espécimen. Al registrarlo se redondea al más próximo 0.5 cm. Si el concreto se desplaza claramente hacia un lado, o si ocurren deslizamientos por cortante, se desecha el ensaye y se repite con otra porción de la muestra*.

6.2.2.3 Peso volumétrico, rendimiento y contenido de aire (gravimétrico)**

Equipo. Balanza, varilla para compactar de 16 mm de diámetro y recipiente cilíndrico de metal con capacidad de 0.015 m³ para tamaño máximo de agregado hasta de 5 cm (2 pulg) y de 0.030 m³ para más de 5 cm.

Calibración del recipiente. Se calibra determinando con exactitud el peso de agua a 16.7 °C que se requiere para llenarlo. El factor para un recipiente se obtiene dividiendo el peso volumétrico del agua a 16.7 °C, esto es, 998.8 kg/m³, entre el peso del agua a la misma temperatura que se requiere para llenarlo.

Procedimiento

a) El recipiente se llena hasta un tercio de su capacidad, el concreto se compacta con el número de piquetes prescritos en el párrafo b), distribuidos uniformemente sobre la sección, y se golpea ligeramente en el exterior. Después se llena hasta 2 tercios de su capacidad, se compacta con la varilla de nuevo, se golpea ligeramente, y se llena hasta sobrepasar su capacidad. Finalmente se varilla y golpea ligeramente como antes.

b) Al compactar la primera capa, la varilla no deberá golpear con fuerza el fondo del recipiente. Al compactar la segunda y tercera capas se aplicará solo la fuerza necesaria para hacer que la varilla penetre ligeramente en la capa anterior. Cuando se usa un recipiente de 0.015 m³,

* El ensaye no es aplicable a concreto no plástico y no cohesivo, ni a aquel que contenga una cantidad considerable de agregado grueso mayor de 5 cm.

** Resumen del método ASTM C138 (ref 6.2).

cada capa se compacta con 25 piquetes, y cuando se usa uno de 0.030 m^3 , con 50 piquetes.

c) Al terminar el varillado de una capa, la superficie exterior del recipiente se golpea ligeramente con cuidado 10 a 15 veces, o hasta que no aparezcan burbujas grandes de aire en la superficie.

d) Después de la compactación la superficie debe enrasarse y pulirse con una placa de cubierta plana, teniendo cuidado de dejar lleno el recipiente justamente hasta su nivel superior. Luego se limpia del exterior todo el exceso de concreto, y el recipiente lleno se pesa redondeando al más próximo 0.05 kg.

Cálculos

Peso volumétrico, W , en kg/m^3 . Se calcula el peso neto del concreto restando el peso del recipiente del peso bruto. El peso por metro cúbico se calcula multiplicando el peso neto por el factor del recipiente usado.

Volumen de concreto producido por revoltura, S , en m^3 :

$$S = \frac{(N \times K) + W_f + W_g + W_a}{W}$$

Rendimiento de concreto por saco de cemento, Y , en m^3 :

$$Y = \frac{S}{N}$$

Rendimiento relativo, R_y :

$$R_y = \frac{S}{V_d}$$

Factor real de cemento, N_1 , es decir, número de sacos de cemento por m^3 de concreto producido:

$$N_1 = \frac{1}{Y} \quad \text{ó} \quad N_1 = \frac{N}{S}$$

Peso volumétrico teórico del concreto, calculado como si no tuviera aire, T , en kg/m^3 :

$$T = \frac{W_1}{V}$$

Contenido de aire, A , en porcentaje:

$$A = \frac{T - W}{T} \times 100 \quad \text{ó} \quad A = \frac{S - V}{S} \times 100$$

En las fórmulas anteriores:

- K peso neto de un saco de cemento
- N número de sacos de cemento en la revoltura
- V volumen absoluto total de los componentes en la revoltura, en m^3
- V_d volumen de concreto que, según el proporcionamiento, debía producirse por revoltura, en m^3
- W_a peso total del agua de mezclado agregada a la revoltura, en kg
- W_f peso total del agregado fino en la revoltura, en la condición en que se use, en kg
- W_g peso total del agregado grueso en la revoltura, en la condición en que se use, en kg
- W_1 peso total de los ingredientes en la revoltura, en kg

6.2.2.4 Contenido de aire en concreto fresco, por el método de presión*

a) Equipo. Aparato para determinar el contenido de aire por el método de presión, varilla para compactar de 16 mm de diámetro, mazo con cabeza de hule o cuero, rasero, embudo y medida con capacidad de 2 a 4 lt.

* Resumen del método ASTM C231 (ref 6.2). No se recomienda su uso en concretos hechos con agregados ligeros, escoria de alto horno enfriada con aire, o agregados de alta porosidad.

b) Factor de corrección del agregado. Se determina en una muestra combinada de agregado fino y grueso, como se indica a continuación.

Se calculan los pesos del agregado fino y grueso presentes en el volumen, S, de la muestra de concreto cuyo contenido de aire se va a determinar, con las fórmulas siguientes:

$$F_s = \frac{S}{B} \times F_b ; C_s = \frac{S}{B} \times C_b$$

donde

- B volumen del concreto producido por revoltura, en lt
- C_b peso total del agregado grueso en la condición usada, por revoltura, en kg
- C_s peso del agregado grueso en la muestra de concreto bajo ensaye, en kg
- F_b peso total del agregado fino en la condición usada, por revoltura, en kg
- F_s peso del agregado fino en la muestra de concreto bajo ensaye, en kg
- S volumen de la muestra de concreto (igual al volumen del tazón), en lt

Después se mezclan muestras representativas de agregado fino, de peso F_s , y agregado grueso, de peso C_s , y se colocan en cantidades pequeñas cada vez, en el tazón lleno de agua hasta un tercio. Durante esta operación debe reducirse al mínimo el aire atrapado y eliminarse la espuma.

Cuando todos los agregados hayan estado inundados en el tazón por un lapso aproximadamente igual al tiempo transcurrido entre la introducción del agua en la revolvedora y la realización del ensaye para determinar el contenido de aire, se elimina de nuevo la espuma y el exceso de

agua y se limpian cuidadosamente las pestañas del tazón y de la tapa para obtener un sello hermético. El ensaye se completa como se describe en los párrafos 2 y 3 de c), y el factor de corrección del agregado, G , es igual a $h_1 - h_2$, donde h_1 y h_2 son lecturas obtenidas en el ensaye del agregado.

c) Procedimiento para determinar el contenido de aire*

1. Se coloca una muestra representativa del concreto en el tazón en tres capas iguales, compactando cada una con varillado y golpes ligeros en el tazón, o con vibrador. Cada capa se compacta aplicando aproximadamente 25 piquetes de varilla, distribuidos uniformemente sobre la sección y después golpeando los lados del tazón secamente de 10 a 15 veces con el mazo hasta que las cavidades que hayan quedado por el varillado se nivelen y no aparezcan burbujas grandes de aire en la superficie. Al compactar la primera capa, la varilla no deberá golpear fuertemente el fondo del tazón, y al compactar la segunda y tercera, se aplicará solo fuerza suficiente para que la varilla penetre un poco en la capa anterior. Después de compactar la última capa, se enrasa la superficie del concreto.

2. Se arma el aparato y se agrega agua sobre el concreto hasta aproximadamente la marca media del tubo graduado. Luego se inclina el conjunto aproximadamente 30° con respecto a la vertical y, usando el fondo del tazón como pivote, se describen varios círculos completos con el extremo superior del tubo, golpeando simultáneamente la tapa cónica ligeramente para eliminar cualquier burbuja de aire atrapado. Se regresa el conjunto a su posición vertical y se llena el tubo con agua hasta un poco más arriba de la marca cero, mientras se golpean ligeramente los lados del tazón. Enseguida se lleva el nivel de agua hasta la marca cero antes de cerrar el respiradero de la parte superior del tubo.

* Previamente el aparato debe haberse calibrado (método ASTM C231).

3. Después se aplica al concreto una presión ligeramente mayor que la presión deseada de ensaye, P (aproximadamente 0.015 g/cm^2 mayor), por medio de la bomba de mano. Para aliviar restricciones locales, se dan golpes secos en los lados y cuando el manómetro indique la presión exacta de ensaye, P (determinada al calibrar el aparato) se lee el nivel de agua, h_1 , y se registra redondeando a la división, o media división más próxima (0.10 ó 0.05 por ciento de contenido de aire). Luego se disipa gradualmente la presión de aire a través del respiradero de la parte superior del tubo, se golpean los lados del tazón ligeramente durante poco más o menos un minuto y se registra el nivel de agua, h_2 , redondeando a la división o media división más próxima. El contenido de aire aparente, A_1 , es igual a $h_1 - h_2$.

4. Los pasos descritos en el párrafo 3 (sin agregar agua para restablecer el nivel de agua en la marca cero) se repiten, se verifica que los dos valores de A_1 concuerden dentro del 0.2 por ciento de contenido de aire y en tal caso se promedian para obtener el valor A_1 que se usa al calcular el contenido de aire, A .

Cálculo. El contenido de aire, A , en porcentaje por volumen de concreto, se calcula con la expresión siguiente:

$$A = \frac{A_1}{G}$$

donde

- A_1 contenido de aire aparente promedio, en porcentaje por volumen de concreto
- G factor de corrección del agregado, en porcentaje por volumen de concreto

6.2.2.5 Fabricación y curado en la obra de especímenes de concreto para ensayos de compresión y flexión*

Equipo. Moldes cilíndricos de uso múltiple, o de un solo uso, moldes para vigas; varilla para compactar de 16 mm de diámetro, vibradores; herramientas y otros utensilios como palas, cubetas, cucharas de albañil, llanas, rasero, tira calibradora, cucharones y reglas; equipo para revenimiento, charolas para muestreo y mezclado, equipo para contenido de aire.

Especímenes para resistencia a compresión. Deben ser cilindros de concreto colados y endurecidos en posición vertical, de largo igual al doble del diámetro. El espécimen estándar es un cilindro de 15 por 30 cm cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso no excede de 5 cm. Cuando sea mayor de 5 cm, el diámetro del cilindro será por lo menos tres veces dicho tamaño máximo nominal. No deben hacerse en la obra cilindros menores de 15 por 30 cm, a menos que lo requieran las especificaciones.

Especímenes para resistencia a flexión. Deben ser vigas rectangulares coladas y endurecidas con sus ejes mayores en posición horizontal. Al ensayarse, la longitud debe ser por lo menos 5 cm mayor que el triple del peralte. Al moldearse, la relación de ancho a peralte no debe exceder de 1.5. La viga estándar tiene sección transversal de 15 por 15 cm, y se usa para concretos con tamaño nominal máximo de agregado de 5 cm. Cuando se excede este valor, la dimensión mínima de la sección transversal debe ser por lo menos el triple del tamaño nominal máximo del agregado. A menos que lo requieran las especificaciones del proyecto, el ancho o el peralte de vigas hechas en obra no será menor de 15 cm.

Muestreo, revenimiento y contenido de aire. En el registro de la obra se anota el lugar de la estructura donde se cuele la revoltura

* Resumen del método ASTM C31 (ref 6.2).

muestreada. Inmediatamente después del mezclado debe medirse el revenimiento y, cuando así se requiera, el contenido de aire de las revolturas con que se fabriquen especímenes. El concreto usado en estos ensayos se desecha.

Moldeado de especímenes

Los especímenes se moldean sobre una superficie horizontal, rígida y a nivel, exenta de vibración y de otras perturbaciones, lo más cercana posible al lugar donde vayan a almacenarse durante las primeras 24 horaras. Si no es factible moldear los especímenes donde vayan a almacenarse, se llevan al lugar de almacenamiento inmediatamente después de enrasarlos. Al moverlos evítense sacudirlos, golpearlos, inclinarlos, o que se rayen sus superficies.

Colocación del concreto. Se coloca en los moldes con un cucharon, una cuchara de albañil o una pala, seleccionando cada cucharada o cada palada, de modo que sea representativa de la revoltura. Puede ser necesario remezclar el concreto en la charola para evitar la segregación duranante el moldeado. El cucharón o la cuchara se mueve alrededor del borde superior a medida que el concreto se descarga, a fin de asegurar una distribución simétrica y reducir al mínimo la segregación y, además, antes de empezar la compactación, el concreto se distribuye con una varilla. Al colocacar la última capa, se intentará agregar una cantidad que llene exactamente el molde después de la compactación. A un molde a medio llenar no debe adicionarse concreto que no sea representativo.

El cilindro estándar de 15 x 30 cm se fabrica en tres capas de 10 cm compactando cada una con 25 piquetas de varilla, o bien, en 2 capapas de 15 cm compactadas por vibración. La viga estándar de 15 x 15 cm se fabrica en dos capas iguales que se compactan con varilla aplicando un piqueste por cada 13 cm² de área superficial, o bien, en una sola capa compactada por vibración.

Métodos de compactación. Se utiliza la compactación con varilla y la vibración interna o externa. Concretos con revenimiento mayor de 7.5 cm se compactan con varilla; aquellos cuyo revenimiento sea de 2.5 a 7.5, con varilla o vibración, y los que tengan revenimiento menor de 2.5 con vibración, a menos que las especificaciones de la obra indiquen otra cosa.

Compactación con varilla. Se coloca el concreto en el molde, en el número requerido de capas, compactando cada una con el extremo redondeado de la varilla. La capa del fondo se varilla a través de todo su espesor; al compactar las siguientes debe permitirse que la varilla penetre poco más o menos 1 cm en la capa subyacente, cuando el espesor de capa sea menor de 10 cm, y aproximadamente 3 cm, cuando el espesor sea de 10 cm, o más. En todos los casos los piquetes se distribuyen uniformemente en la sección transversal del molde. Si la varilla deja huecos, para cerrarlos se golpean ligeramente los lados del molde y después de varillar cada capa, se compacta el concreto de las orillas con una cuchara u otra herramienta adecuada.

Vibración. Debe conservarse una duración estándar de vibración para un cierto tipo particular de concreto, vibrador y molde. Usualmente se considera que se ha aplicado suficiente vibración cuando la superficie del concreto se vuelve relativamente plana. La vibración se aplica solo lo suficiente para lograr la compactación apropiada del concreto, y debe evitarse que sea excesiva ya que puede causar segregación. Al llenar los moldes se coloca todo el concreto de cada capa antes de comenzar la vibración de esa capa, y al colocar la capa final debe evitarse un sobrelleno de más de 5 mm. Si la vibración es interna, el acabado se hace después de compactar, si es externa puede hacerse durante o después de la vibración.

Vibración interna. La máxima dimensión transversal del ele

mento vibratorio, no debe ser mayor de un tercio del ancho del molde, en el caso de vigas, ni de un cuarto del diámetro, en cilindros. Al compactar, no debe permitirse que el vibrador toque o descansa en el fondo o los lados del molde, y al retirarlo debe cuidarse de que no deje huecos. Después de vibrar cada capa, se golcean ligeramente los lados del molde para eliminar burbujas grandes de aire atrapado.

Para vibrar cilindros se hacen tres inserciones en puntos diferentes por cada capa; para vigas se inserta el vibrador a intervalos no mayores de 15 cm a lo largo del eje del espécimen, y si este es más ancho de 15 cm se hacen inserciones alternadas sobre dos líneas longitudinales. En todos los casos debe permitirse que el vibrador penetre aproximadamente 3 cm en la capa de acabojo.

Acabado. Después de compactar, a menos que el acabado se haya hecho durante la vibración externa, se engrasa la superficie del concreto y se termina con llana, o cuchara, efectuando estas operaciones con la manipulación mínima necesaria para producir una superficie plana nivelada al ras con el borde del molde, y que no tenga salientes ni depresiones mayores de 3 mm.

Curado

Protección después del acabado. Los especímenes deben cubrirse inmediatamente después del acabado, de preferencia con una placa no absorbente y no reactiva, o una hoja de plástico; también puede usarse yute húmedo, teniendo cuidado de mantenerlo húmedo hasta que los especímenes se retiren de los moldes. Las superficies exteriores de moldes de cartón deben protegerse contra cualquier fuente de humedad durante las primeras 24 horas después del moldeado.

Curado inicial. Los especímenes deben almacenarse, en las

primeras 24 horas después del moldeado, bajo condiciones que mantengan la temperatura en su vecindad inmediata entre 16 y 27 °C y que les eviten pérdida de humedad.

Curado de cilindros hechos para verificar la eficacia, en cuanto a resistencia, de proporcionamientos de laboratorio, o como base de aceptación, o para control de calidad. Se retiran de los moldes al final de 20 ± 4 horas y se almacenan en condición húmeda a 23 ± 2 °C hasta el ensaye, entendiéndose por condición húmeda que los especímenes deben tener agua libre mantenida constantemente en toda el área superficial.

Curado de cilindros hechos para determinar cuándo han de retirarse los moldes, o cuándo puede ponerse en servicio una estructura. Se almacenan en la estructura o sobre ella, tan cerca como sea posible del lugar donde se coló el concreto que representan, y deben recibir en lo posible la misma protección contra el medio ambiente que las partes de la estructura a las que representan. Se ensayan en la condición húmeda que resulte del tratamiento de curado que se haya especificado. A fin de cumplir estas condiciones, los especímenes para determinar cuándo puede ponerse en servicio una estructura, deben removerse de sus moldes cuando se quiten los moldes de la estructura.

Embarque al laboratorio. Los especímenes que se embarquen de la obra al laboratorio para ser ensayados, se empacan en cajas robustas de madera, o en otros recipientes adecuados, rodeados de arena o aserrín húmedos, o de otro material de empaque apropiado. Al recibirse en el laboratorio deben colocarse inmediatamente en las condiciones de curado requeridas, a 23 ± 2 °C.

6.2.3 Concreto endurecido

6.2.3.1 Cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto*

Las cabezas deben ser por lo menos tan resistentes como el concreto. Las superficies de los especímenes ya cabeceados serán planas, con una tolerancia de 0.05 mm a través de cualquier diámetro. Para este fin, se revisan las cabezas de cada décimo espécimen por medio de una regla y un calibrador sensible, haciendo un mínimo de tres mediciones en diferentes diámetros.

Equipo. Placas de cabeceo, dispositivos de alineamiento y olla para fusión de morteros de azufre.

Materiales para cabeceo.

Especímenes recién moldeados. La base superior se puede cabecear con una capa delgada de pasta seca de cemento portland.

Especímenes endurecidos que hayan tenido curado húmedo. Se cabecean con pasta de yeso de alta resistencia, o mortero de azufre que cumplan los requisitos siguientes.

Pasta de yeso de alta resistencia (consultar método ASTM C617).

Mortero de azufre. Se puede usar mortero de azufre si se permite que endurezca durante dos horas. Debe estar compuesto, en peso, por 55 a 70 por ciento de azufre y 30 a 45 por ciento de material inerte pulverizado (puede ser sílice, o arcilla refractaria), y debe ser capaz de desarrollar una resistencia de por lo menos 280 kg/cm^2 en dos horas cuando se ensaye en cubos de 5 cm de lado (ASTM C287).

Procedimientos de cabeceo

Cilindros recién moldeados. Se usa únicamente pasta pura de cemento portland (consultar método ASTM C617).

Cilindros de concreto endurecido. Los extremos de los cilindros que claramente sean dispares, convexos, o cóncavos, deben escuadrarse antes del cabeceo, eliminando las irregularidades pequeñas por medio de pulido, y las mayores con una sierra de diamante o carborundo. Los recubrimientos o depósitos de materiales que puedan menoscabar la adherencia de las cabezas, deben retirarse y, si es necesario, los extremos del espécimen se vuelven ligeramente rugosos con un cepillo de alambre o una lima de acero. Las cabezas se harán tan delgadas como sea posible, de aproximadamente 3 mm de espesor en general y en ningún caso de más de 8 mm. Si se desea, pueden revestirse las placas de cabeceo con una capa delgada de aceite mineral o grasa.

Cabeceo con mortero de azufre. El mortero de azufre se prepara calentándolo aproximadamente a 130 °C. Se emplea material nuevo a intervalos lo suficientemente frecuentes para asegurar que no se use más de 5 veces. El mortero nuevo debe estar seco al momento en que se coloque en la olla. La placa o el dispositivo de cabeceo se calienta ligeramente antes de usarse, para disminuir la velocidad de endurecimiento y permitir la formación de cabezas delgadas. Luego se aceitan las placas de cabeceo ligeramente y se agita el mortero fundido inmediatamente antes de colar cada cabeza. Los extremos de los especímenes curados húmedos deben estar lo suficientemente secos al momento del cabeceo para evitar la formación de bolsas de vapor o de espuma de diámetro mayor de 6 mm debajo de las cabezas o en ellas. Los extremos del cilindro no deben aceitarse antes del cabeceo.

Protección de los especímenes después del cabeceo. Los que hayan recibido curado húmedo deben mantenerse húmedos entre la terminación del cabeceo y el ensayo. Los especímenes con cabezas de yeso no deben sumergirse en agua, ni almacenarse en cámara húmeda durante más de 4 horas.

6.2.3.2 Resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto*

Equipo. Máquina de prueba y compás de exteriores.

Especímenes de ensaye. La prueba de compresión en especímenes con curado húmedo debe realizarse tan pronto como sea posible, después de retirarlos de la cámara de curado, manteniéndolos húmedos en ese lapso. Al ensayarse deben estar en condición húmeda. Si sus bases difieren de un plano en más de 0.050 mm deben cabecearse. El diámetro del espécimen se determina redondeando al más próximo 0.25 mm, con el promedio de dos diámetros que formen ángulo recto entre sí, medidos aproximadamente a la mitad de la altura del espécimen. La longitud del espécimen incluyendo las cabezas, se mide redondeando al más próximo 2.5 mm.

Procedimiento

Colocación del espécimen. Se coloca la placa de apoyo inferior, con su cara endurecida hacia arriba, sobre la platina de la máquina, directamente abajo de la placa que tiene asiento esférico. Se limpian las superficies de apoyo de ambas placas y del espécimen, y se coloca este sobre la placa inferior, alineando cuidadosamente el eje del cilindro con el centro de empuje de la placa superior. A medida que la placa con asiento esférico se aproxima al espécimen para apoyar sobre él, se gira suavemente su porción móvil a mano, para que se obtenga un contacto uniforme.

Velocidad de aplicación de la carga. La carga debe aplicarse en forma continua y sin impacto. En máquinas de operación hidráulica la velocidad de aplicación debe ser constante, dentro del intervalo de 1.4 a 3.5 kg/cm²/seg. Durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima, se puede permitir una velocidad mayor. No deben hacerse ajustes en los controles de la máquina mientras el espécimen está fluyendo rápidamente justo antes de la falla.

* Resumen del método ASTM C39 (ref 6.2).

La carga se aplica hasta que el espécimen falle, y se registra la carga máxima soportada, así como el tipo de falla y la apariencia del concreto.

Cálculo. Se calcula la resistencia a compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada entre el área promedio de la sección transversal, y el resultado se registra redondeando al más próximo 0.5 kg/cm^2 .

6.2.3.3 Resistencia a la flexión del concreto (usando vigas simplemente apoyadas con cargas concentradas en los tercios del claro)*

Equipo. Máquina de prueba y accesorios para ensayos de flexión.

Especimen. El espécimen debe tener un claro lo más cercano posible a tres veces su peralte y sus caras laterales deben ser perpendiculares al fondo y a la cara superior.

Procedimiento. El espécimen se voltea sobre uno de sus lados (respecto a la posición inicial en la cual fue colado) y se centra en los apoyos. Los elementos de aplicación de carga deben ponerse en contacto con la cara superior del espécimen sobre los puntos extremos del tercio central del claro. Si no se obtiene un contacto completo entre el espécimen y los elementos de aplicación de carga, o los apoyos, es necesario ca^o becear, pulir o calzar con tiras de cuero o acero las superficies de contacto. La carga debe aplicarse a velocidad uniforme y de modo que no se produzca impacto. Puede aplicarse rápidamente hasta más o menos el 50 por ciento de la carga de ruptura; después, se aplica a una velocidad tal que el incremento de esfuerzos en la fibra extrema no exceda de 10 kg/cm^2 por minuto.

Medición de los especímenes después de probarlos. Se hacen

* Resumen del método ASTM C78 (ref 6.2).

mediciones redondeando al más próximo 0.25 cm, para determinar el ancho promedio y el peralte promedio del espécimen en la sección de falla.

Cálculos. Si la fractura ocurre dentro del tercio medio del claro, el módulo de ruptura se calcula como

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

donde

- b ancho promedio del espécimen, en cm
- d peralte promedio del espécimen, en cm
- l claro, en cm
- P máxima carga aplicada registrada por la máquina de prueba, en kg
- R módulo de ruptura, en kg/cm²

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio, en no más del cinco por ciento del claro, el módulo de ruptura se calcula con

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

donde a es la distancia entre la línea de fractura y el apoyo más cercano, medida sobre el eje de simetría de la superficie inferior de la viga, en cm.

Si la fractura ocurre fuera del tercio medio en más del cinco por ciento del claro, los resultados de la prueba deben descartarse.

6.3 Referencias*

- 6.1 Diario Oficial del 8 de mayo de 1968
- 6.2 Book of ASTM Standards, Part 10, Philadelphia
- 6.3 Book of ASTM Standards, Part 11, Philadelphia

* En la preparación del cap 6 se emplearon las normas vigentes en 1970. Se recomienda que vayan realizándose las modificaciones pertinentes en las normas que aquí se resumen, con objeto de mantenerlas actualizadas de acuerdo con los originales.

TABLA 6.1 REQUISITOS FISICOS DEL CEMENTO PORTLAND

Tipos	I	II	III	IV	V
Finura, superficie específica, en $\text{cm}^2/\text{g.}^a$					
Método turbidimétrico:					
Valor promedio mínimo	1 600	1 600	—	1 600	1 600
Valor mínimo en cualquier muestra	1 500	1 500	—	1 500	1 500
Método de permeabilidad al aire:					
Valor promedio mínimo	2 800	2 800	—	2 800	2 800
Valor mínimo en cualquier muestra	2 600	2 600	—	2 600	2 600
Sanidad (prueba en autoclave)					
Expansión máxima, en porcentaje	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fraguado ^b					
Método Gillmore:					
Fraguado inicial en minutos, no menos de	60	60	60	60	60
Fraguado final en horas, no más de	10	10	10	10	10
Método de Vicat:					
Fraguado en minutos, no menos de	45	45	45	45	45
Resistencia a la compresión ^c (kg/cm^2) en cubos de mortero 1:2.75 en peso (arena graduada estándar)					
Valores mínimos					
a las 24 horas	—	—	120	—	—
a los 3 días	85	70	210	—	—
a los 7 días	150	125	—	55	105
a los 28 días	250	250	—	140	210
Resistencia a la tensión ^c (kg/cm^2), en especímenes de mortero 1:3 en peso (arena graduada estándar)					
a las 24 horas	—	—	19	—	—
a los 3 días	11	9	27	—	—

	Ticos	I	II	III	IV	V
a los 7 días		20	18	—	12	18
a los 28 días		25	23	—	21	26
Calor de hidratación ^d						
a los 7 días en cal/g, valor máxi mo		—	70	—	—	—
a los 28 días en cal/g, valor má ximo		—	80	—	—	—
Fraguado falso, penetración final mí nima, en porcentaje ^e						
		50	50	50	50	50

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

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

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

^dEl requisito de calor de hidratación se aplicará únicamente cuando así se estipule, y en este caso los valores especificados de resistencia para el tipo II, deberán reducirse al 80 por ciento.

^eEste requisito se aplicará solamente cuando sea solicitado y el método de determinación que deberá seguirse será con pasta de cemento.

TABLA 6.2 REQUISITOS PARA LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

Malla	Porcentaje que pasa, en peso
9.51 mm (3/8 pulg)	100
4.75 (No 4)	95 a 100
2.38 mm (No 8)	80 a 100
1.19 mm (No 16)	50 a 85
595 μ (No 30)	25 a 60
297 μ (No 50)	10 a 30
149 μ (No 100)	2 a 10

TABLA 6.3 LIMITES PARA SUSTANCIAS DELETEREAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO

Material	Máximo, en porcentaje del peso total de la muestra
Partículas desmenuzables	1.0
Material que pase la malla No 200 (74 μ):	
Concreto sujeto a abrasión	3.0*
Cualquier otro concreto	5.0*
Carbón y lignito:	
Cuando sea importante la apariencia de la superficie de concreto	0.5
Otros concretos	1.0

* Cuando la arena sea triturada, si el material que pase la malla No 200 es polvo de trituración, esencialmente libre de arcilla o lutita, estos límites pueden aumentarse a 5 y 7 por ciento, respectivamente

TABLA 6.4 REQUISITOS PARA LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

TAMAÑO NOMINAL (MALLAS DE ABERTURAS CUADRADAS)	MATERIAL QUE PASA CADA UNA DE LAS SIGUIENTES MALLAS DE ABERTURAS CUADRADAS (PESO, EN PORCENTAJE)												
	101.6 mm (4 pulg)	90.5 mm (3½ pulg)	76.1 mm (3 pulg)	64.0 mm (2½ pulg)	50.8 mm (2 pulg)	38.1 mm (1½ pulg)	25.4 mm (1 pulg)	19.1 mm (¾ pulg)	12.7 mm (½ pulg)	9.51 mm (⅜ pulg)	4.76 mm (No 4)	2.38 mm (No 8)	1.19 mm (No 16)
90.5 a 38.1 mm (3½ pulg a 1½ pulg)	100	90 a 100	—	25 a 60	—	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—
64.0 a 38.1 mm (2½ pulg a 1½ pulg)	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—
50.8 a 4.76 mm (2 pulg a No 4)	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	0 a 5	—	—
38.1 a 4.76 mm (1½ pulg a No 4)	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—	—
25.4 a 4.76 mm (1 pulg a No 4)	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	0 a 10	0 a 5	—
19.1 a 4.76 mm (¾ pulg a No 4)	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—
12.7 a 4.76 mm (½ pulg a No 4)	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	—
9.51 a 2.38 mm (⅜ pulg a No 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
50.8 a 25.4 mm (2 pulg a 1 pulg)	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—
38.1 a 19.1 mm (1½ pulg a ¾ pulg)	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—

TABLA 6.5 REQUISITOS DE SANIDAD Y ABRASION DEL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO

	Grava natural, grava tr <u>i</u> turada, o piedra triturada
Sanidad, pérdida máxima en cinco ciclos*, porcentaje en peso:	
Sulfato de sodio	12
Sulfato de magnesio	18
Abrasión, pérdida** máxima, porcentaje en peso	50

* La pérdida deberá calcularse de acuerdo con la granulometría de una muestra que cumpla con las limitaciones de la tabla 6.4.

** La pérdida por abrasión se determinará en el tamaño o tamaños de ensaye que más cercanamente correspondan a la granulometría o granulometrías que vayan a emplearse en el concreto. Cuando se emplee más de una granulometría, el límite en la pérdida por abrasión se aplicará a cada una.

TABLA 6.6 LIMITES PARA SUSTANCIAS DELETEREAS EN AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO

Material	Porcentaje máximo del peso total de la muestra
Partículas desmenuzables	0.25
Partículas suaves*	5.00
Pedernal como una impureza** que se desintegra en cinco ciclos de la prueba de sanidad, o en 50 ciclos de congelación a - 17.8 °C y deshielo a 4.4 °C en agua*** o que tenga un peso específico, saturado y superficialmente seco menor de 2.35:	
Exposición severa	1.0
Exposición mediana	5.0
Material que pase la malla No 200 (74 μ)	1.0****
Carbón y lignito:	
Cuando sea importante la aparición de la superficie de concreto	0.5
Cualquier otro concreto	1.0

* Esta limitación se aplica solo cuando la condición suave de las partículas individuales de agregado grueso sea crítica para el comportamiento del concreto; por ejemplo, en pisos de tránsito pesado o en otras superficies donde la dureza sea especialmente importante.

** Estas limitaciones se aplican solo a agregados en los que el pedernal aparezca como impureza; es decir, no se aplican a gravas que en sí sean predominantemente pedernal, las cuales se evaluarán con las limitaciones de la prueba de sanidad.

*** Se considera como desintegración el resquebrajamiento o rotura del material, determinado por examen visual.

**** En el caso de agregados triturados, si el material que pase la malla No 200 es polvo de trituración, esencialmente libre de arcilla o lutita, este porcentaje puede variar a 1.5.

TABLA 6.7 PESOS MINIMOS DE MUESTRAS DE GRAVA PARA ANALISIS GRANULOMETRICOS

Tamaño nominal máximo de las partículas, en mm y pulg	Peso mínimo de la muestra, en kg	Tamaño nominal máximo de las partículas, en mm y pulg	Peso mínimo de la muestra, en kg
9.51 (3/8)	2	50.8 (2)	20
12.7 (1/2)	4	64.0 (2 1/2)	25
19.1 (3/4)	8	76.1 (3)	45
25.4 (1)	12	90.5 (3 1/2)	70
38.1 (1 1/2)	16		

TABLA 6.8 PESOS MINIMOS DE MUESTRAS DE AGREGADOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL

Tamaño nominal máximo* del agregado, en mm y pulg	Peso mínimo de la muestra, en kg	Tamaño nominal máximo* del agregado, en mm y pulg	Peso mínimo de la muestra, en kg
6.35 (1/4) (arena)	0.5	50.8 (2)	8
9.51 (3/8)	1.5	64.0 (2 1/2)	10
12.7 (1/2)	2	76.1 (3)	13
19.1 (3/4)	3	90.5 (3 1/2)	16
25.4 (1)	4	101.6 (4)	25
38.1 (1 1/2)	6	152.4 (6)	50

*Tamaño de la malla en la cual se retiene menos del 10 por ciento.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

III.- CONCRETO PREMEZCLADO

DEBIDO A LOS AVANCES Y NECESIDADES QUE EN LOS ULTIMOS AÑOS SE HAN TENIDO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION Y CONSIDERANDO QUE EL CONCRETO ES UNO DE LOS MATERIALES MAS IMPORTANTES DENTRO DE ESTA INDUSTRIA; ESTO HA MOTIVADO EN GRAN PARTE QUE LA TECNOLOGIA DEL CONCRETO HAYA TENIDO TAMBIEN ESTE AVANCE DESARROLLO -- PARA PODER SATISFACER LAS NECESIDADES QUE ESTA INDUSTRIA REQUIERE.

EL CONCRETO PREMEZCLADO SE HA PRODUCIDO COMO UNA RESPUESTA A SATISFACER ESTAS-- NECESIDADES POR LO QUE DEBIDO A SUS CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES HA PERMITIDO-- RESOLVER LOS PROBLEMAS BASICOS DE HABITACION, URBANIZACION E INFRAESTRUCTURA -- PARALELAMENTE SE HA EMPLEADO EN LA CONSTRUCCION DE LAS OBRAS MAS AUDACES TALES-- COMO PUENTES DE CLAROS ESPECTACULARES, EDIFICIOS DE GRAN ALTURA E IMPORTANTES -- OBRAS HIDRAULICAS, TAN SOLO POR MENCIONAR ALGUNAS.

UNA DE LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES QUE DISTINGUEN LA PRODUCCION DE CONCRETO PREMEZCLADO ES PRECISAMENTE QUE SU PRODUCCION SE REALIZA BAJO NORMAS DE CALIDAD QUE RIGEN TANTO A LOS MATERIALES COMO A LOS EQUIPOS DE PRODUCCION, TRANSPORTE Y TIEMPO DE ENTREGA.

EL ENFOQUE MODERNO DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO SE DIFERENCIA DE-- LOS QUE TRADICIONALMENTE SE HABIAN VENIDO UTILIZANDO, DE LOS PRIMEROS QUE CON-- SISTEN EN LA VERIFICACION DE TODO EL ESQUEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

ESTO SIGNIFICA QUE EL CONSUMIDOR ESTA EN POSIBILIDADES DE VERIFICAR.:

- PERSONAL
- CONTROL DE MATERIA PRIMA
- INSTALACIONES Y EQUIPO
- PROCESOS OPERATIVOS
- SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTOR

LA ELABORACION DEL CONCRETO PREMEZCLADO NO PODIA SER LA EXCEPCION PARA APLICAR-
ESTOS SISTEMAS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

EN ESTE TRABAJO SE PRESENTAN TODOS LOS ASPECTOS QUE DEBEN DE CONSIDERARSE PARA-
PRODUCIR UN CONCRETO DE CALIDAD SATISFACTORIA.

LAS PARTES QUE COMPONEN ESTE SISTEMA SON:

- ESPECIFICACIONES
- CONTRATACION Y
- EVALUACION DE LA CALIDAD DEL CONCRETO

ASI MISMO SE INDICAN EN EL MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD ALGUNOS CONCEPTOS GENERA
LES QUE DEBERAN TOMARSE EN CUENTA EN LA ELABORACION DEL CONCRETO; DE ACUERDO A-
LAS SIGUIENTES SECCIONES:

- 1 - GUIA DEL CONTROL DE CALIDAD
- 2 - LISTA DE VERIFICACION DE CONTROL DE CALIDAD
- 3 - LISTA DE VERIFICACION DE LAS INSTALACIONES DE
PRODUCCION DE CONCRETO PREMEZCLADO.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

TEMA : COMPACTACION DEL CONCRETO

1996

PRIMER CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
(Julio, 1990)

COMPACTACION DEL CONCRETO

Por: Manuel Mena Ferrer

INTRODUCCION

El proceso de utilización del concreto en la construcción de estructuras se compone de una serie de etapas que requieren desarrollarse consecutiva y oportunamente. La compactación del concreto es la etapa que se lleva a cabo inmediatamente a continuación de su colocación dentro del espacio cimbrado.

El concreto simplemente colocado es aquel que se transporta desde la mezcladora hasta el sitio de colado y se deposita dentro del espacio cimbrado en el punto más cercano posible a su posición definitiva en la estructura. Si el concreto se deja fraguar y endurecer en estas condiciones se convierte en una masa rígida sumamente porosa, e incluso cavernosa, que no adquiere cabalmente la forma del molde que lo confina, y cuyas propiedades resultan muy inferiores a las previstas.

Para evitar estas deficiencias, se hace necesario someter el concreto recién colocado a la acción de fuerzas que lo obliguen a adquirir ~~la forma geométrica de los moldes confinantes, reducir su porosidad y~~ mejorar sus características y propiedades, incluyendo su textura y aspecto superficial. Al hecho de aplicar estas fuerzas se le nombra compactar o moldear el concreto.

En la terminología relativa al concreto,⁽¹⁾ la compactación se define como el proceso por el cual un volumen de mortero o de concreto recién colocado se reduce al espacio mínimo practicable, por medio de vibración, centrifugación, apisonamiento, o una combinación de estas ac-

ciones, para moldearlo dentro de las cimbras y alrededor del acero de refuerzo y otras partes embebidas, y para eliminar las burbujas del aire atrapado pero no las del aire incluido intencionalmente.

Esta última distinción es importante porque al compactar el concreto debe tratarse de eliminarse el aire atrapado casual, cuyas burbujas de mayor tamaño son perjudiciales al concreto endurecido, pero sin producir la eliminación del aire que se incluye intencionalmente con el fin de obtener determinadas propiedades en el concreto de la estructura.

CONSISTENCIA DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO

La intensidad de las fuerzas que se apliquen con el propósito de compactar el concreto, debe guardar relación con el grado de dificultad o de resistencia que las mezclas de concreto opongan para ser moldeadas. Esta resistencia al moldeo se identifica bastante bien con la característica del concreto fresco que se conoce como consistencia de la mezcla.

A grandes rasgos puede hablarse de tres niveles o grados de consistencia que son usuales en las mezclas de concreto:

1) Las mezclas de consistencia "seca" o "dura", como se utilizan en el concreto compactado con rodillo (CCR), el concreto en masa, y en los elementos prefabricados de concreto. Estas mezclas son las más difíciles de moldear y por ello requieren la aplicación de gran cantidad de energía de compactación, como la que se produce en los pesados rodillos vibratorios, los grandes vibradores neumáticos de inmersión, y los vibradores externos de alta frecuencia.

2) Las mezclas de consistencia "plástica", que corresponden a las de uso común en la construcción de las estructuras de concreto ordinarias. Tales mezclas se moldean con relativa facilidad mediante la energía que se produce en los diversos equipos vibratorios de características y tamaño apropiados para este tipo de obras.

3) Las mezclas de consistencia "fluida", cuya utilización se procura cuando existen dificultades para compactar el concreto en el sitio de colocación o para hacerlo penetrar en espacios estrechos o intrincados, tal como suele suceder en los colados bajo agua o en la construcción de muros angostos y/o con abundante acero de refuerzo. Evidentemente, el objetivo de estas mezclas es reducir al mínimo posible su requerimiento de energía para ser moldeadas, llegando en algunos casos al extremo de ser tan fluidas que se adaptan a la forma del molde con la sola energía que proporciona la fuerza de gravedad.

Existen diversos procedimientos y dispositivos aplicables para medir la consistencia de las mezclas de concreto, de acuerdo con su grado de resistencia al moldeo. La prueba tal vez más conocida y utilizada para este fin es la del cono de revenimiento; sin embargo, como sólo utiliza la acción de la fuerza de gravedad, la energía de moldeo que comunica a la muestra de concreto es muy reducida y su campo de aplicación abarca más bien el de las mezclas cuya consistencia es entre plástica y fluida.

Para las mezclas de consistencia más dura, son aplicables otros procedimientos de prueba como el factor de compactación, la mesa de Thaulow o el aparato VeBe, que emplean fuerzas de mayor intensidad y por tanto comunican mayor energía de moldeo a las muestras de concreto. En la Figura 1 se representan los dispositivos que corresponden a estos procedimientos de prueba, con los correspondientes intervalos aproximados de la consistencia en que sus resultados son más representativos y confiables.

REOLOGIA DEL CONCRETO FRESCO

Para analizar el comportamiento y la respuesta del concreto en estado fresco bajo la acción de las fuerzas de moldeo, es necesario referirse solamente a las mezclas de consistencia plástica que como se ha dicho son las más útiles para las construcciones de concreto en general. En cuanto a las mezclas muy secas o muy fluidas, sus patrones de com-

portamiento en este aspecto son diferentes porque las características reológicas de las pastas de cemento que contienen no se asimilan a las del modelo que aquí se discute.

Una mezcla de concreto de consistencia plástica puede ser considerada como una suspensión de partículas de arena y grava ligeramente dispersas en un medio viscoso constituido por la pasta de cemento. Lo cual significa que en esa condición no existe pleno contacto de las partículas de agregados entre sí y que el comportamiento reológico de la mezcla de concreto depende esencialmente de las características y del comportamiento de la pasta de cemento como cuerpo viscoso.

Las pastas de cemento de consistencia plástica son fluidos viscosos no-Newtonianos, que se adaptan al modelo de Bingham, cuyo diagrama reológico se muestra en la Figura 2. Esto quiere decir que poseen una cierta cohesión representada por la ordenada al origen () y que al ser sometidas a esfuerzos que exceden dicha cohesión (o límite de cendencia) tienden a comportarse como fluidos Newtonianos. La resultante práctica de ello es que si una pasta (o una mezcla de concreto) se somete a fuerzas de moldeo capaces de vencer su cohesión, debe manifestarse un cambio transitorio de viscosidad que la haga comportarse como un cuerpo más fluido mientras permanezcan actuando dichas fuerzas.

Para explicar este comportamiento debe considerarse que la pasta es un conjunto de partículas de cemento dispersas en agua y que, no obstante su dispersión, se mantienen agrupadas por efecto de un balance positivo de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre partículas. En la Figura 3 se hace una representación esquematizada de tales fuerzas que se ejercen entre las partículas de cemento, y que en resumen son:

- 1) La fuerza de la gravedad que se ejerce individualmente en cada partícula de acuerdo con su masa, y que tiende a producir un efecto de asentamiento del cemento en el seno de la pasta.

2) Las fuerzas de atracción capilar entre partículas vecinas, debidas a la tensión superficial del agua que ocupa la red de conductos capilares formando una especie de "estructura acuosa" en la pasta.

3) Las fuerzas de atracción molecular, o de Van der Waals, que siguen la ley de atracción universal; es decir, aumentan con la masa de las partículas y disminuyen con el cuadrado de las distancias que las separan.

4) Las fuerzas de repulsión electrostática producidas por la carga positiva debida a los iones de este signo que rodean las partículas de cemento en el medio acuoso.

En una pasta de cemento de consistencia plástica la concentración de partículas es tal que su proximidad favorece los efectos de las fuerzas de atracción molecular (Van der Waals) y con ello se incrementa la cohesión del conjunto. En estas condiciones, si la pasta se halla en estado de reposo, debe manifestar cierta oposición a fluir por el solo efecto de la fuerza de gravedad. No obstante, si la pasta se somete a la acción de fuerzas capaces de vencer la cohesión, se tiende a producir una separación de partículas que a su vez provoca una drástica disminución en las fuerzas de atracción molecular; con lo cual las partículas quedan en mayor libertad para desplazarse, dando así el efecto de un aumento de fluidez en la pasta.

~~Este efecto es un tanto parecido al que se obtiene adicionando más~~
agua a la pasta, pues en tal caso se reduce la concentración de partículas de cemento, es decir, aumenta su separación y con ello disminuyen las fuerzas de atracción molecular y la cohesión. Un efecto similar puede obtenerse cuando se incorpora a la mezcla un aditivo de los llamados reductores de agua o fluidizantes que favorecen el incremento de las fuerzas electrostáticas de repulsión entre partículas. Considerando el demérito de calidad que el exceso de agua produce en el concreto endurecido, es preferible el uso de aditivos de esta clase para incrementar la fluidez de las mezclas en los casos que así se requiere.

MEDIOS DE COMPACTACION

Conforme se dijo antes, la cantidad de energía necesaria para moldear adecuadamente una mezcla de concreto depende principalmente de su consistencia. Tomando en cuenta que la consistencia conveniente para elaborar las mezclas suele definirse en función de condiciones impuestas por factores difíciles de modificar (características de la estructura, facilidades de colocación, etc.) el criterio aplicable consiste en seleccionar el procedimiento de compactación que proporcione la energía adecuada para el moldeo de mezclas con la consistencia prevista.

En algunos casos de obras menores, el moldeo del concreto se efectúa por medios manuales utilizando pisones, varillas, paletas y otros utensilios similares, lo cual frecuentemente induce al empleo de mezclas muy fluidas porque requieren menos energía de compactación; es decir, la consistencia de las mezclas se subordina a los medios de compactación, sin tomar en cuenta otros factores. Evidentemente, esta es una práctica inadecuada pues normalmente conduce a la obtención de concreto de calidad inferior.

Para la correcta compactación del concreto deben utilizarse medios mecánicos, para lo cual se dispone de diversos sistemas y equipos accionados por combustión, electricidad o aire comprimido (presión neumática). Las fuerzas que generan y transmiten al concreto estos equipos pueden ser en forma de vibración, vibrocompresión, centrifugación o impacto (golpeteo). De todas ellas, la vibración es la que más se aplica para la compactación de las mezclas de concreto de consistencia plástica que se utilizan en la construcción de estructuras ordinarias.

Considerando lo anterior, se juzga pertinente dar mayor atención en estas notas a la compactación de las mezclas de concreto por medio de la vibración. Para ahondar más en el tema pueden ser útiles los informes del Comité 309 del ACI : 309.1R-81⁽²⁾ y 309R-87.⁽³⁾

COMPACTACION DEL CONCRETO POR VIBRACION

Características del movimiento vibratorio

Para transmitir vibraciones al concreto fresco a fin de compactarlo, existen numerosos sistemas y equipos que pueden ser de uso interno o externo; de estos últimos, algunos actúan en contacto directo con el concreto y otros lo hacen a través de las cimbras o moldes.

Debido a esta diversidad de formas de actuar, y a la variedad intrínseca de los propios equipos en su manera de generar las vibraciones, no es factible hacer generalizaciones al referirse a las características del movimiento vibratorio que efectivamente inducen en el seno del concreto. Con esta salvedad, es posible considerar el sistema para generar vibraciones tal vez más usual, que consiste en una masa que gira a muy alta velocidad alrededor de un eje excéntrico.

Como se indica en la Figura 4, al transformarse el movimiento circular de la masa excéntrica en un movimiento oscilatorio, se obtiene la curva sinusoidal que representa el movimiento armónico simple. Como se sabe, las dos principales características de un movimiento de esta índole son el periodo (T) que es el tiempo requerido para completar un ciclo, o una vuelta completa de la masa rotatoria, y la amplitud (a) que corresponde a la máxima desviación del movimiento oscilatorio con respecto al punto de reposo donde el movimiento cambia de sentido.

Para estimar la posible eficacia de compactación por vibración de un equipo que emplea este sistema, suele ser útil conocer las siguientes características adicionales:

1) La frecuencia de vibración ($n = 1/T$) que es el número de ciclos o vueltas completas que da la masa en la unidad de tiempo. Este dato puede expresarse en ciclos/segundo (cps), en Hertz ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ cps}$) o en vibraciones/minuto (vpm).

2) La aceleración máxima de la masa giratoria ($A = 4\pi^2 n^2 a$) que puede expresarse en mm/seg² o en función del valor de la aceleración de la gravedad (g).

3) El momento excéntrico (me) que es el producto de la masa excéntrica (m) por la excentricidad (e) y que se expresa en kg-cm.

4) La fuerza centrífuga nominal ($F = me4\pi^2 n^2 / g$) expresada en kgf.

Es conveniente hacer notar que los valores de estas características, dados por el fabricante y marcados en los equipos, normalmente se refieren a su operación libre (al aire) y que en algunos casos (como en los vibradores de inmersión) se reducen sensiblemente al operar dentro del concreto, por el efecto amortiguador de este.

Tipos de vibradores para concreto

Los vibradores para concreto pueden ser clasificados en dos grupos básicos: los que actúan internamente en el concreto, también denominados de inmersión, y los que ejercen su acción desde el exterior del concreto.

En el grupo de los vibradores de inmersión existen diversos tipos o sistemas que tienen diferencias en el aspecto constructivo y operativo, pero no propiamente en cuanto a la manera de actuar sobre la mezcla de concreto, ya que todos actúan inmersos en la misma.

En el grupo de los vibradores externos ocurre mayor variedad, pues este grupo incluye equipos con tres diferentes modos o sistemas de transmitir las vibraciones al concreto: los vibradores de forma, las mesas vibratorias y los vibradores de superficie. En cada sistema también hay varios tipos identificados por sus diferencias constructivas y operativas.

1. Vibradores de inmersión

Todos los vibradores de inmersión utilizan el sistema de masa excéntrica giratoria, y son tal vez los que más se emplean en las construcciones ordinarias de concreto. Sus principales tipos son:

1a. Vibrador de flecha flexible, o de "chicote". Consta de una flecha de transmisión flexible protegida por un forro, que en un extremo tiene un tubo metálico o cabezal donde se aloja la masa excéntrica y en el otro se ubica el motor, que es independiente y puede ser de combustión interna, eléctrico o neumático.

1b. Vibrador con motor eléctrico alojado en el cabezal. En este tipo, el motor es eléctrico y se halla colocado dentro del cabezal, de manera que así se eliminan la flecha de transmisión y el motor separado, con lo cual se obtiene mayor facilidad de manejo y operación.

1c. Vibrador con motor neumático alojado en el cabezal. Es similar al anterior, con la diferencia que el motor es accionado por aire a presión.

1d. Vibrador con motor hidráulico. Este tipo de vibrador generalmente funciona adosado a los equipos de pavimentación que utilizan fluido hidráulico a presión para su funcionamiento.

2. Vibradores de forma

Estos vibradores se sujetan exteriormente a las cimbras o moldes, y estos a su vez transmiten las vibraciones al concreto. Por tal motivo, las cimbras o moldes deben ser suficientemente rígidos y de preferencia metálicos. Hay dos tipos principales:

2a. Vibrador de forma de acción rotatoria. Emplea una masa excéntrica giratoria accionada por un motor que puede ser eléctrico, neumático o hidráulico. Produce vibraciones asimilables al movimiento armónico simple.

2b. Vibrador de forma de acción recíproca. En este sistema, la vibración es generada por un pistón movido por aire a presión, que produce un golpeteo al desplazarse alternativamente en ambos sentidos dentro de la caja del vibrador. Debido a ello, a las vibraciones que genera no le son aplicables los principios del movimiento armónico simple.

3. Mesas vibratorias

Este medio de vibración es una variante del anterior, pues consiste en una placa (normalmente metálica) que tiene adosados vibradores de forma de cualquiera de los tipos mencionados. En ocasiones la placa forma parte del molde que confina el concreto, y en otras el molde es independiente de la placa y se sujeta a esta para ser vibrado junto con el concreto. Para que las vibraciones no se desaprovechen transmitiéndolas al piso, la mesa se soporta con resortes o cojines amortiguadores. Este sistema es útil principalmente para la compactación del concreto en elementos prefabricados.

4. Vibradores de superficie

Con estos equipos, la vibración se transmite al concreto desde la superficie libre de colado, y conforme se desplazan por encima de la misma contribuyen a nivelar y enrasar el concreto. Por estas características, su empleo es particularmente conveniente en la construcción de pisos y pavimentos de concreto hidráulico. Hay tres tipos usuales:

4a. Regla vibratoria. Consiste en una regla o cercha con vibradores externos adosados, del tipo excéntrico rotatorio, accionados por motores de combustión, eléctricos o neumáticos. Su deslizamiento sobre la superficie del concreto puede ser en forma manual o mecanizada. Su adecuado funcionamiento y eficacia requiere la utilización de mezclas de consistencia plástica con buena trabajabilidad.

4b. Apisonadora de placa o rejilla. En este caso se trata de una pequeña placa o rejilla metálica, con vibradores externos adosados de

manera similar al caso anterior. Debido a la poca área que cubren, su efecto compactador puede ser más enérgico que el de la regla vibratoria, por lo cual estos equipos pueden ser empleados para compactar mezclas de concreto de consistencia menos plástica.

4c. Rodillo vibratorio enrasador. En estos equipos, la regla o cercha es substituida por uno o varios rodillos giratorios, que además de nivelar y enrasar el concreto producen un cierto efecto de apisonamiento superficial. No deben confundirse estos equipos con los pesados rodillos vibratorios que se emplean en el concreto compactado con rodillo (CCR) que requiere técnicas de compactación totalmente diferentes.⁽⁴⁾

En el cuadro que se identifica como Figura 5 se incluye un resumen de los tipos de vibradores descritos, y en la tabla que corresponde a la Figura 6 se presentan diversas características de los vibradores de inmersión obtenidas de la Referencia 3.

REFERENCIAS

- (1) ACI Committee 116. "Cement and Concrete Terminology". ACI 116R-85. American Concrete Institute. EUA. (1985).
- (2) ACI Committee 309. "Behavior of Fresh Concrete During Vibration". ACI 309.1R-81(86). American Concrete Institute. EUA. (1986).
- ~~(3) ACI Committee 309. "Guide for Consolidation of Concrete". ACI 309R-87. American Concrete Institute. EUA. (1987).~~
- (4) ACI Committee 207. "Roller Compacted Mass Concrete". ACI 207.5R-89. American Concrete Institute. EUA. (1989).

MMF

30/06/90

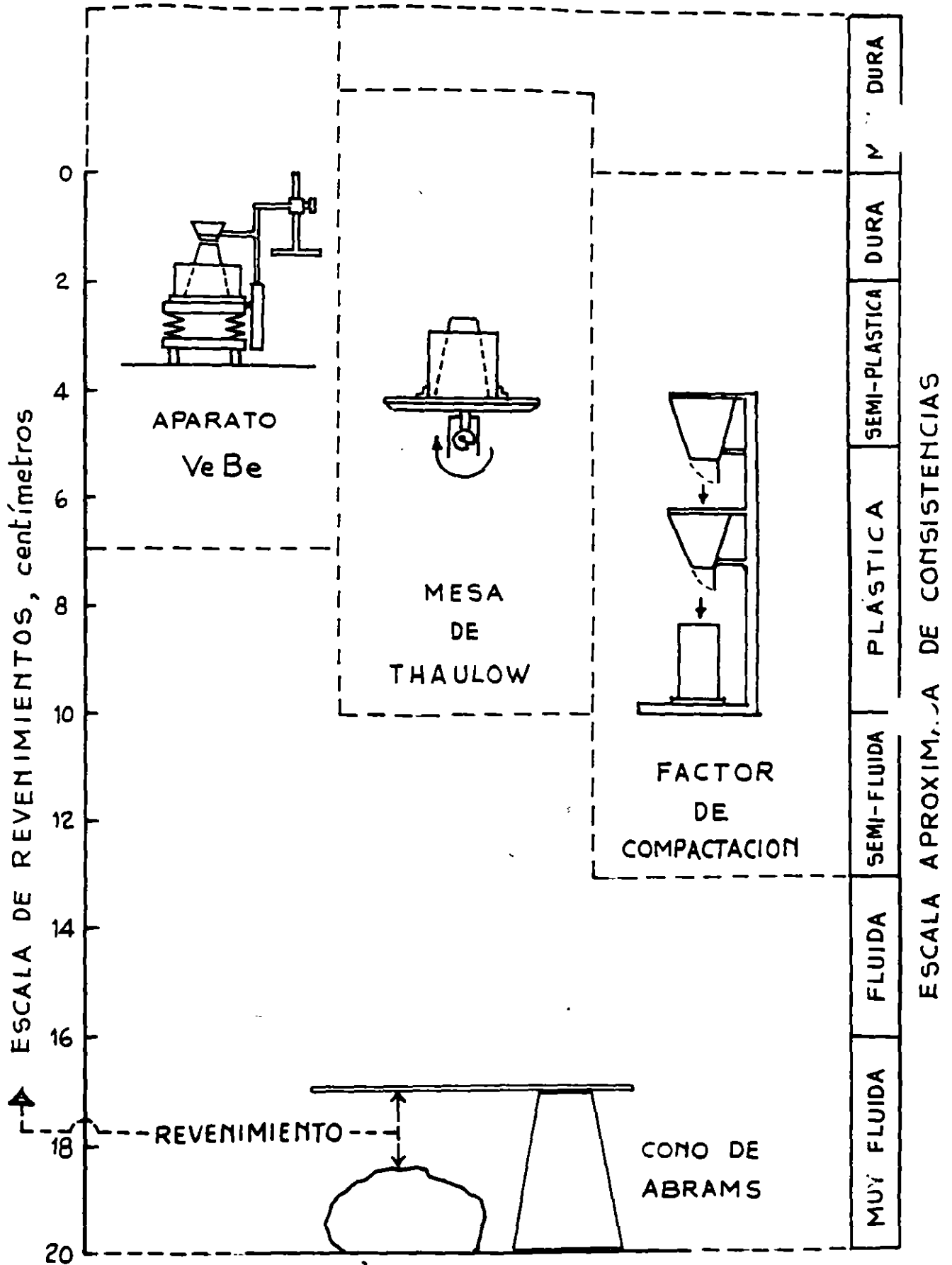


FIG. 1. - ALGUNOS PROCEDIMIENTOS APLICABLES PARA MEDIR LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO, SEGUN EL GRADO DE DEFORMABILIDAD DE LA MEZCLA

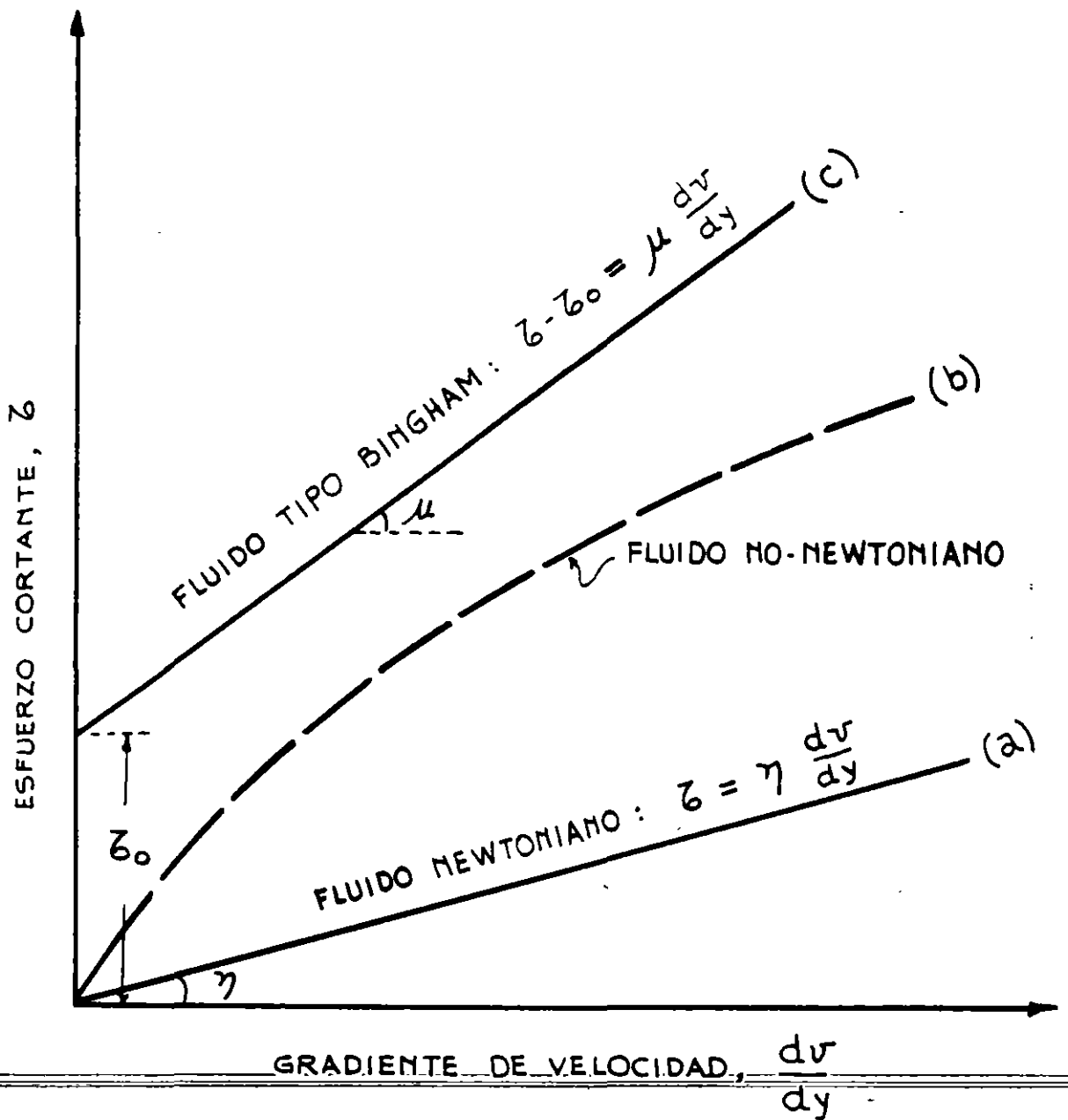
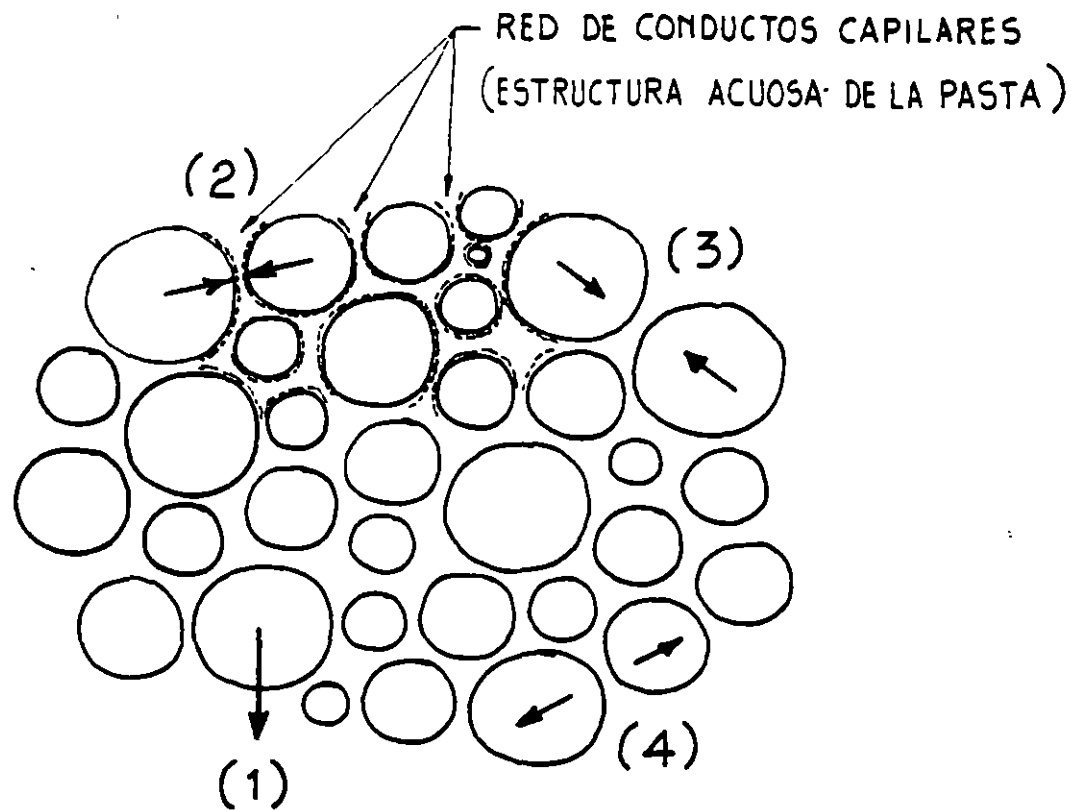


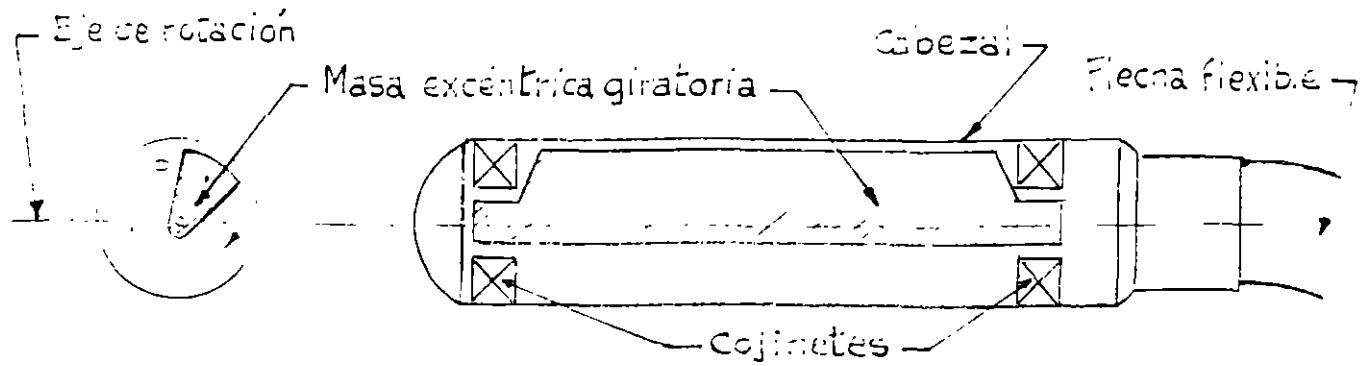
FIG. 2.- DIAGRAMA REOLOGICO PARA DISTINTOS FLUIDOS



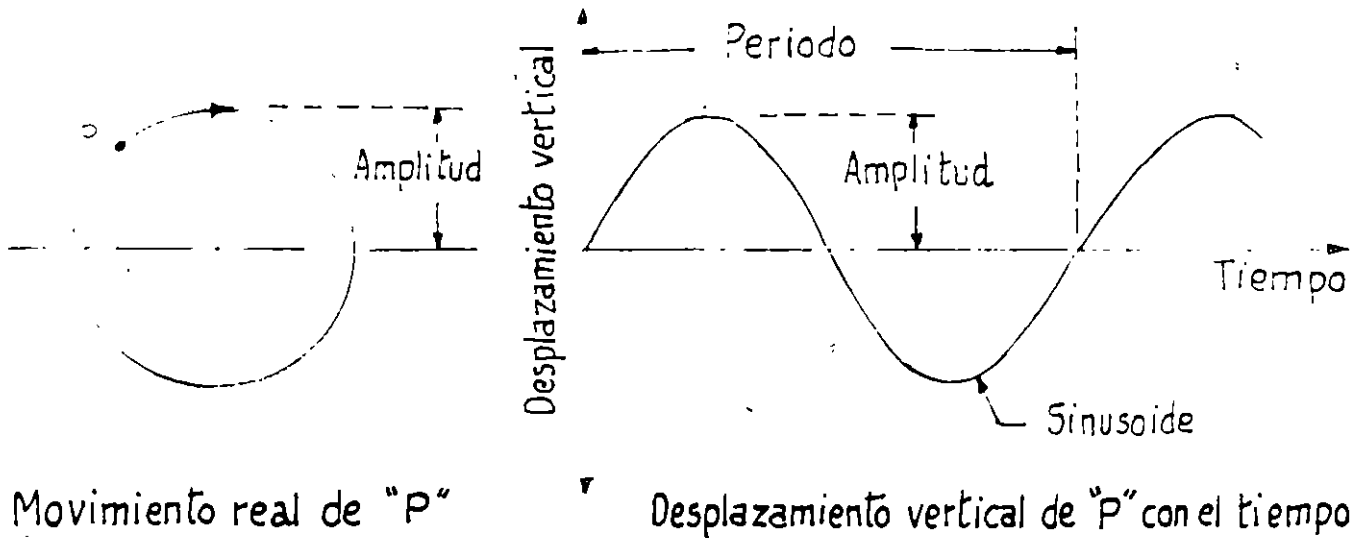
TIPOS DE FUERZAS ACTUANTES :

- (1) Fuerza de gravedad
- (2) Fuerzas de atracción capilar
- (3) Fuerzas de atracción molecular (Van der Waals)
- (4) Fuerzas de repulsión electrostática

FIG. 3.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA DISPERSION DE PARTICULAS DEL CEMENTO EN LA PASTA



(a) Vibrador de inmersión con masa excéntrica giratoria



(b) Transformación del movimiento circular en oscilatorio

FIG. 4.- CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO VIBRATORIO PRODUCIDO POR UN VIBRADOR CON MASA EXCENTRICA GIRATORIA

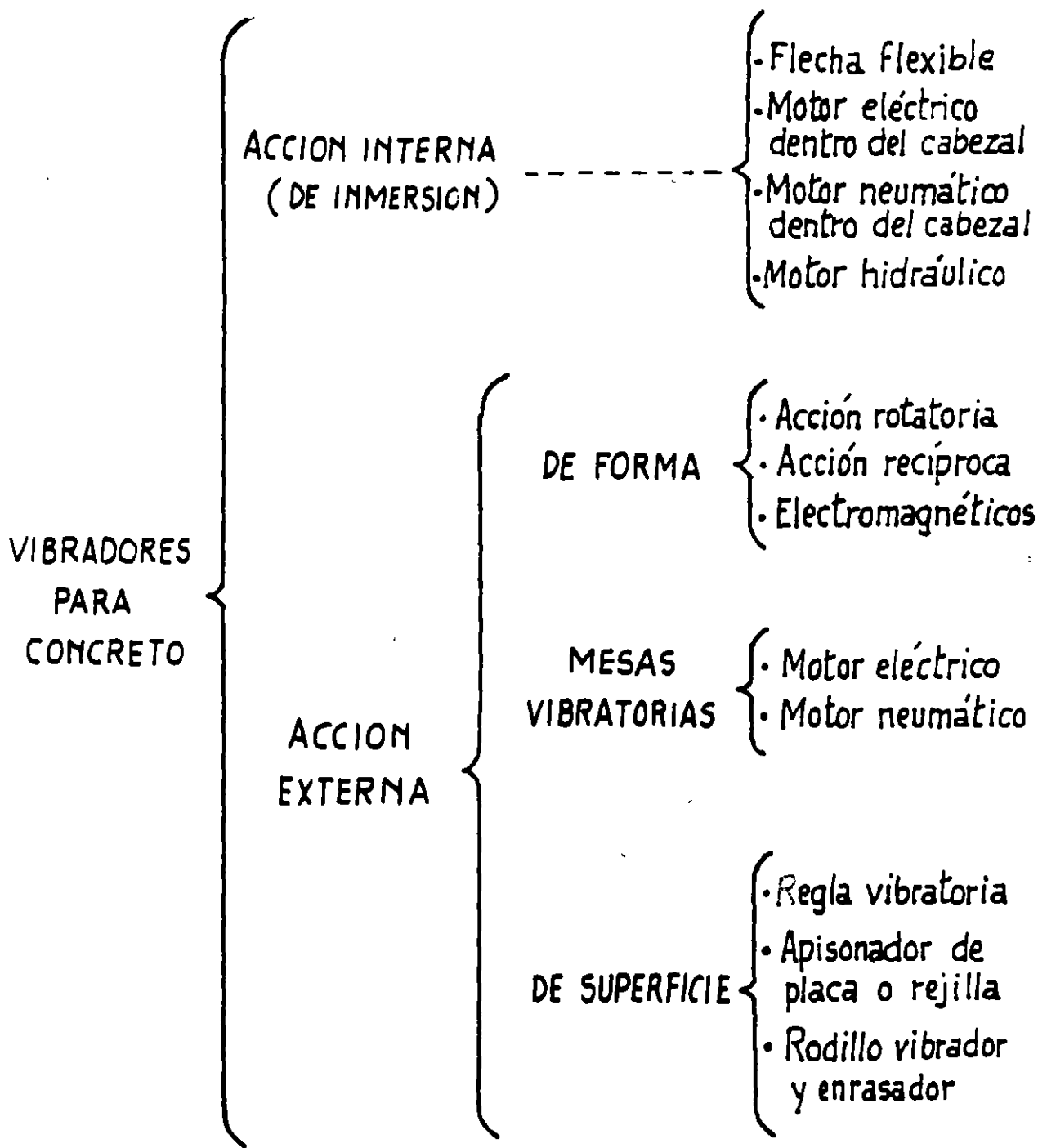


FIG.5.- CLASIFICACION DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE VIBRADORES PARA COMPACTAR EL CONCRETO CONVENCIONAL

A	B	C	D	E	F	G	H	I
4	8 a 15	7000 a 10500	0.81 a 2.9	0.08 a 0.15	680 a 1800	30 a 51	11 a 31	Concreto estructural y en masa con revenimiento de 0 a 5 cm, depositado en revolturas hasta de 3 m ³ en cimbras relativamente amplias de construcción pesada (centrales eléctricas, machones de puentes, y cimentaciones). También para vibrado auxiliar en construcción de presas cerca de las formas y alrededor de piezas embebidas y del acero de refuerzo.
5	13 a 18	5500 a 8500	2.6 a 4.0	0.10 a 0.20	1100 a 2700	40 a 61	19 a 38	Concreto en masa para presas de gravedad, grandes pilas, muros masivos, etc. Se requiere operar simultáneamente dos o más vibradores para hacer fluir y compactar cantidades de concreto de 3 m ³ o más, depositadas de una sola vez en las cimbras.

NOTAS:

Columna C = Durante la operación del vibrador en el concreto.

Columna D = Calculado por el producto de la masa por la excentricidad (m x e).

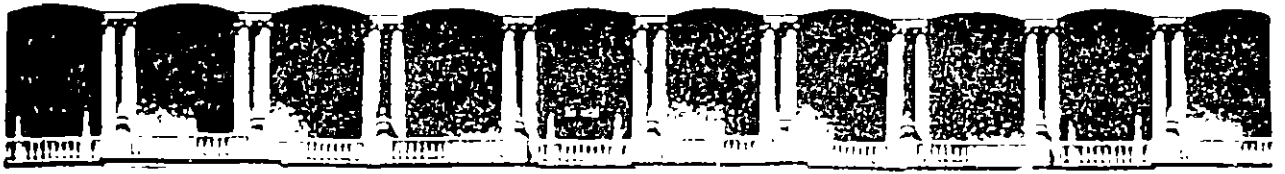
Columna E = Calculada o medida con tacómetro. Es la mitad de la amplitud extrema, de pico a pico, operando al aire.

Columna F = Calculada con la expresión $F = m e \pi^2 n^2 / g$, empleando la frecuencia del vibrador operando en el concreto.

Columna G = Distancia a la cual el concreto se compacta plenamente.

Columna H = Supone que la distancia de inserción del vibrador es 1.5 veces el radio de acción, y que el vibrador opera 2/3 del tiempo de colocación del concreto.

Columnas G y H = Estos intervalos no solo reflejan la capacidad del vibrador, sino también las diferencias de trabajabilidad de las mezclas, el grado de remoción de aire deseado, y otras condiciones experimentadas en la construcción.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

TEMA : CURADO DEL CONCRETO

1996

PRIMER CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

CURADO DEL CONCRETO

Por: Manuel Mena Ferrer

PLANTEAMIENTO

El concreto endurece y adquiere resistencia como resultado de las reacciones químicas que se producen entre el agua y el cemento que contiene. Estas reacciones, de manera global, se designan como hidratación del cemento.

Al igual que en cualquier reacción química, el grado de avance de la hidratación en un momento dado es directamente proporcional al tiempo transcurrido desde el primer contacto de los elementos reactivos, es decir el agua y el cemento, y la forma como el proceso evoluciona es influida por dos condiciones: 1) la temperatura que prevalece en el seno de la reacción y 2) la continua disponibilidad de ambos reactivos.

En las Figuras 1 y 2 se indica la manera como suelen influir estas condiciones en la evolución de la hidratación del cemento y en la consecuente adquisición de resistencia del concreto con el tiempo. En la Figura 1 se muestra el efecto del cambio de temperatura y en la Figura 2 ~~se pone de manifiesto el efecto de la falta de disponibilidad de agua~~ suficiente en el interior del concreto.

Consecuentemente con lo anterior debe entenderse que el curado del concreto no solamente consiste en proporcionarle condiciones favorables de humedad, sino también de temperatura, para que la hidratación del cemento evolucione en forma apropiada desde el momento que termina de colocarse en las formas hasta la edad en que adquiere la resistencia deseada. ⁽¹⁾

CONDICIONES FAVORABLES DE TEMPERATURA

En la Figura 1⁽²⁾ se incluye como referencia la curva representativa de la evolución de resistencia del concreto a una temperatura de 23°C. Esto se justifica porque en las normas ASTM, que sirven de pauta a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, dicha temperatura es reglamentada como de "curado estándar" para la conservación de los especímenes en el laboratorio, en las pruebas normales de verificación de resistencia del concreto.

En la misma figura se observa que, particularmente en las primeras edades, a temperaturas menores la adquisición de resistencia del concreto se retarda y a temperaturas mayores se acelera. Pero conviene observar también los efectos a mayor edad, como por ejemplo 28 días: por una parte, si la temperatura es demasiado baja (5° C) el efecto retardante continúa, y si por el contrario es demasiado alta (50° C) hay efectivamente una aceleración inicial de la resistencia seguida de una especie de "aletargamiento" que conduce a un decremento en la resistencia final del concreto a esa edad. Es asimismo pertinente observar que tales efectos a 28 días resultan poco significativos para temperaturas comprendidas entre 12 y 32° C, aproximadamente.

La enseñanza práctica que puede obtenerse de lo anterior es la inconveniencia de permitir que la temperatura del concreto recién colocado descienda demasiado cuando el ambiente es muy frío, o se incremente excesivamente por efecto de un medio ambiente demasiado caluroso o por cualquier otra causa.

Precauciones térmicas en clima frío

Para los colados que se realizan en ambientes con muy bajas temperaturas, es necesario vigilar que la temperatura del concreto recién colado no descienda demasiado. En este punto conviene aclarar que, más que la temperatura del ambiente, lo importante es verificar y cuidar la temperatura que prevalece en el concreto, para lo cual se hace necesario

disponer de termómetros adecuados, que registren la temperatura del concreto en los sitios más expuestos al enfriamiento.

El excesivo descenso de la temperatura del concreto recién colocado en la estructura tiene dos principales efectos inmediatos detrimentales: 1) hace más lentos su fraguado y su adquisición de resistencia, y 2) puede causarle daño irreversible en caso de congelación.

Conforme se ha dicho, tomando como referencia una temperatura estándar de curado de 23° C, al disminuir ésta se vuelve más lento el proceso de adquisición de la resistencia del concreto. Si el descenso de la temperatura no va más allá de los 12° C, aproximadamente, su efecto sólo produce inconvenientes prácticos tales como aumentar el tiempo de fraguado y retrasar la fecha prevista para la remoción de las cimbras, pero no debe afectar sensiblemente la obtención de la resistencia prevista a los 28 días.

Si la temperatura del concreto desciende por debajo de los 12° C, pero se mantiene arriba de los 4° C, aproximadamente, se tornan más críticos sus efectos de retraso en el fraguado y en la adquisición de resistencia, al grado que el concreto puede permanecer varios días sin fraguar y al cabo de 28 días manifestar solamente una fracción de su resistencia proyectada. No obstante, dentro de este intervalo de la temperatura inicial de curado (entre 4 y 12° C) el concreto no debe sufrir daño permanente si no se le somete a esfuerzos que lo produzcan, como por ejemplo un descimbrado prematuro. De tal suerte que, si más adelante se incrementa la temperatura, el proceso de adquisición de resistencia puede reactivarse y evolucionar con normalidad hasta que el concreto adquiera sus propiedades potenciales.

Finalmente, si la temperatura del concreto en sus primeras etapas de fraguado y endurecimiento llega a ser menor de los 4° C, existe el riesgo de que el agua que contiene se congele, y que su correspondiente aumento de volumen incremente la porosidad del concreto y le ocasio-

ne daño permanente en grado significativo, tanto en sus propiedades mecánicas como en su durabilidad potencial.

Consecuentemente con lo anterior, lo que conviene durante los colados en tiempo frío es tratar de conservar la temperatura del concreto recién colocado por encima de los 12° C, aproximadamente; si bien las medidas aplicables para conseguirlo deberán ser de acuerdo con el nivel de las bajas temperaturas ambientales que en cada caso existan.

En el informe del Comité ACI 306⁽³⁾ se encuentran recomendaciones adecuadas para los colados en tiempo frío, específicamente en cuanto al empleo de aditivos acelerantes, obtención de registros de temperatura, precalentamiento de los ingredientes del concreto, protección con aislamiento térmico y/o calentamiento externo de la estructura, aplicación del concepto de madurez para la remoción de cimbras, etc.

Para justificar una de las medidas de protección más usuales en tiempo frío, que consiste en proteger el concreto recién colado con aislamientos térmicos, es pertinente recordar que la hidratación del cemento es una reacción exotérmica. Por lo tanto, si un elemento estructural recién colado se aísla térmicamente del exterior, no sólo deja de recibir frío externo sino que también conserva el calor interno que el cemento libera al hidratarse, y esto puede resultar suficiente en muchos casos para mantener la temperatura del concreto en un nivel adecuado sin necesidad de acudir a fuentes externas para el suministro de calor.

La duración de esta protección térmica debe prolongarse el tiempo necesario hasta que el concreto adquiera suficiente resistencia para soportar sin daño los efectos de las bajas temperaturas externas. En condiciones ordinarias, para elementos estructurales con cimbra soportante, se considera que la protección debe conservarse por lo menos hasta que el concreto alcance la resistencia mínima especificada por el proyectista para el retiro de aquellas, y en elementos que no requieren este tipo de cimbra es prudente mantener la protección hasta que el concreto adquiera por lo menos la mitad de la resistencia requerida a los

28 días. Asimismo es importante que el retiro de la protección térmica se realice en forma gradual, para evitar que el concreto sufra el choque térmico provocado por un enfriamiento brusco.

La manera tal vez más sencilla y accesible para determinar el tiempo requerido por el concreto para adquirir las resistencias predichas, consiste en elaborar especímenes representativos del concreto utilizado, conservarlos en idénticas condiciones de humedad y temperatura del elemento que representan, y ensayarlos a compresión a edades sucesivas hasta llegar a las resistencias requeridas.

Precauciones térmicas en clima cálido

Cuando los colados se efectúan en condiciones de alta temperatura ambiental, deben tomarse precauciones para evitar que se incremente demasiado la temperatura del concreto, por los efectos detrimentales que esto puede producirle.

El exceso de calentamiento del concreto recién elaborado, suele producir las siguientes manifestaciones indeseables, principalmente:

1) Disminución en el tiempo de fraguado, y consecuente reducción del tiempo disponible para las operaciones de transporte, colocación, compactación y acabado.

~~2) Incremento en la velocidad de evaporación del agua y mayor tendencia a los agrietamientos por contracción plástica en la superficie del concreto recién colocado.~~

3) Malformación de los productos de hidratación del cemento en sus primeras edades, con el consiguiente demérito en las ulteriores propiedades del concreto endurecido.

No es procedente dar un valor preciso de la temperatura ambiental que permita definir cuándo el clima es caluroso, pues los efectos de

las altas temperaturas ambientales sobre el concreto recién colocado pueden variar de acuerdo con otros factores tales como la humedad relativa, la presencia de sol y viento, la posición y tamaño de la superficie de concreto expuesta, la geometría y espesor del elemento colado, etc. Sin embargo, es posible establecer un criterio en este aspecto, refiriéndose a la temperatura máxima que puede tolerarse en el concreto al ser colocado en la estructura. (Sin considerar las estructuras voluminosas de concreto masivo, cuyos requisitos en este aspecto suelen ser particularmente estrictos).

Para el caso de estructuras comunes, construidas en condiciones ambientales ordinarias, muchas especificaciones establecen una temperatura máxima permisible de 32°C para el concreto en el momento de ser colocado.⁽⁴⁾ La justificación de esta temperatura límite puede relacionarse con las tendencias mostradas en la Figura 1, en donde se aprecia que la resistencia del concreto a esta temperatura de curado (32°C) evoluciona con poca diferencia respecto a la de curado estándar (23°C).

Cuando las condiciones ambientales y de trabajo propician que la temperatura del concreto durante su colocación exceda de la máxima temperatura permisible especificada, se hace necesario tomar medidas para reducirla. Estas medidas se hallan convenientemente descritas en el informe sobre colados en tiempo caluroso del Comité ACI 305,⁽⁵⁾ que incluye el empleo de prácticas relativas al preenfriamiento de los ingredientes y la protección del concreto durante su elaboración, transporte, colocación y curado.

Contrariamente a lo que conviene en tiempo frío, al concreto recién colocado en tiempo caluroso debe dársele facilidades para que disipe el calor generado por la hidratación del cemento, a fin de que no contribuya a sobreelevar su temperatura. Para favorecer la pérdida de este calor suele recomendarse el pronto retiro de las formas no soportantes, especialmente si son de madera, y la continua aplicación de agua en las superficies de concreto expuestas al ambiente, para que con su evaporación se produzca un gradiente térmico más favorable para la

rápida disipación hacia el exterior del calor que se genera internamente en el concreto.

CONDICIONES FAVORABLES DE HUMEDAD

La cantidad de agua necesaria para elaborar el concreto suele definirse en función de dos requerimientos: 1) el cumplimiento de las propiedades especificadas para el concreto endurecido, y 2) la obtención de la consistencia requerida en las mezclas al ser elaboradas.

El procedimiento usual consiste en definir primero la relación en peso agua/cemento (A/C) necesaria para que el concreto obtenga una cierta resistencia o durabilidad especificadas, y a continuación determinar el consumo de agua por m^3 de concreto necesario para que la mezcla de concreto, elaborada con dicha relación A/C, obtenga la consistencia requerida para su manejo y colocación.

Para los niveles de resistencia o durabilidad normalmente especificados en las estructuras de concreto ordinarias, los valores de la relación agua/cemento suelen fluctuar entre 0.40 y 0.80, aproximadamente, tal como puede observarse en la práctica recomendada por el Comité ACI 211.1⁽⁶⁾ para seleccionar las proporciones del concreto. Si se toma en cuenta que el cemento sólo requiere para hidratarse una cantidad de agua aproximadamente igual a la cuarta parte de su peso ($A/C \doteq 0.25$), resulta que el concreto recién elaborado siempre posee una cantidad de ~~agua en exceso de la estrictamente indispensable para la hidratación~~ del cemento que contiene.

No obstante ello, en la práctica suele ocurrir que la hidratación del cemento no se realice cabalmente por falta de agua suficiente en el interior del concreto. El hecho de que así ocurra se atribuye a la facilidad con que el concreto puede perder agua desde el momento que se coloca en los moldes, a menos que se tomen medidas adecuadas para evitarlo.

La Figura 2⁽⁷⁾ constituye una clara demostración del importante efecto que produce la deficiencia de humedad en el interior del concreto sobre la evolución de su resistencia a compresión. Ahí se observa que, en condiciones severas de falta de humedad, puede dejar de obtenerse algo más de la mitad de la resistencia potencial del concreto.

La franca disminución del contenido original de agua en el concreto a partir de su colocación en los moldes, puede ocurrir por diversas causas. Además del agua que es progresivamente tomada por el cemento para su hidratación, ocurren pérdidas de agua por evaporación, sangrado, absorción y filtración a través de las cimbras, e infiltraciones en el terreno u otras superficies permeables, para concretos colocados en contacto con éstas.

Para tratar de mantener un grado de humedad suficiente en el interior del concreto, a fin de que la hidratación del cemento proceda con regularidad, existen dos medios básicos: 1) reducir al mínimo las pérdidas de agua por las diversas causas mencionadas, y 2) aportar agua exteriormente al concreto en el curso de su proceso de hidratación, a través de las superficies expuestas de la estructura.

Varias de las medidas aplicables para reducir las pérdidas de agua corresponden a la ejecución de prácticas constructivas relacionadas con el diseño y elaboración de mezclas de concreto con poco sangrado, la construcción de cimbras impermeables y estancas, la impermeabilización previa del terreno de contacto, etc.

En lo que concierne propiamente a las prácticas de curado, pueden considerarse esencialmente dos procedimientos aplicables: 1) la inhibición de las pérdidas de agua por evaporación a través de las superficies de concreto expuestas al ambiente, y 2) el suministro de agua externa, por conducto de estas mismas superficies. En el informe del Comité ACI 308,⁽⁸⁾ que corresponde a la Práctica Estándar para Curado del Concreto, se hace una amplia descripción de los materiales y sistemas de aplicación que se utilizan en ambos procedimientos.

Recubrimientos para inhibir la evaporación

El procedimiento de curado consistente en cubrir el concreto recién colado con un material que actúe como barrera contra la evaporación del agua interna, se utiliza con mucha frecuencia por las ventajas prácticas que ofrece.

Se ha dicho que la excesiva pérdida temprana de agua por evaporación es una causa importante de contracción del concreto en su etapa de fraguado, que a su vez ocasiona las llamadas grietas por contracción plástica; lo cual es particularmente frecuente en el caso de estructuras con gran superficie expuesta, como los pavimentos de concreto hidráulico por ejemplo.

En tales casos, la prontitud con que puedan tomarse las medidas para evitar la excesiva evaporación juega un papel importante en la prevención de dichos agrietamientos. Lo más pronto que puede suministrarse agua externa a una superficie de concreto recién terminada es cuando tiene suficiente endurecimiento para no ser dañada, y esto normalmente ocurre después del fraguado inicial, tiempo que en condiciones críticas de secado puede ser tardío para evitar los efectos de la contracción plástica.

Debido a que los recubrimientos inhibidores de la evaporación pueden aplicarse casi de inmediato en las superficies de concreto recién terminadas, ~~esto les concede ventaja para su empleo con respecto al suministro de agua externa.~~ Otra posible ventaja de los recubrimientos sobre el suministro de agua, es que requieren menos supervisión porque se aplican una sola vez. Sin embargo debe tenerse presente que, desde el punto de vista de efectividad, lo más eficaz para asegurar la cabal hidratación del cemento consiste en mantener continuamente agua libre en la superficie del concreto, el mayor tiempo que sea posible.

Los principales productos y materiales que se utilizan como recubrimientos inhibidores de la evaporación del concreto, son:

1) Compuestos líquidos que forman membrana.

Son productos elaborados a base de resinas, ceras o parafinas mezcladas con solventes que al volatilizarse dejan una película impermeable sobre la superficie del concreto. Es recomendable, antes de su empleo, verificar que el producto elegido cumpla con los requisitos de la NQM C-304 (ASTM C 309).

2) Telas de plástico.

Los materiales de esta clase que más se utilizan por su bajo costo son las telas de polietileno, de las cuales existen en el mercado diversos espesores y calidades. En la especificación ASTM C 171 se establece un espesor mínimo de 0.1 mm en las telas plásticas para esta aplicación.

3) Papel reforzado.

Consiste en dos hojas de papel tipo kraft, unidas con un compuesto bituminoso reforzado con fibras. Esta clase de recubrimiento también es reglamentado por la especificación ASTM C 171, pero normalmente no se elabora en el país.

Sistemas de suministro de agua externa

Con las limitaciones señaladas previamente, el suministro de agua externa representa un excelente procedimiento para el curado húmedo del concreto, siempre y cuando se pueda asegurar la permanente existencia de agua libre o de un alto grado de humedad relativa (más de 95 %) en contacto con la superficie de concreto.

Los métodos más usuales para el suministro de agua externa a las superficies del concreto recién fraguado, son:

1) Inundación o inmersión.

2) Niebla por rocío o riego por aspersion.

- 3) Telas mojadas (yute, algodón, manta, etc.)
- 4) Materiales saturados (tierra, arena, aserrín, paja, heno, etc.)

Comentario

Para seleccionar en cada caso el método más conveniente para el curado húmedo del concreto, es necesario tomar en cuenta diversos factores tales como la posición, ubicación y accesibilidad de las superficies de concreto, el costo unitario y global del trabajo, la severidad de las condiciones ambientales, la disponibilidad y calidad de los medios requeridos (agua, membrana de curado, etc.), la posibilidad de que ciertos materiales puedan manchar el concreto, etc.

RAZONES ADICIONALES PARA UN BUEN CURADO

La adecuada y completa hidratación del cemento contenido en el concreto implica no solamente beneficios técnicos sino también económicos.

En el renglón económico significa obtener todo el provecho posible de cada gramo de cemento utilizado, y la importancia de esto se comprende fácilmente si se considera que es precisamente el cemento el ingrediente comparativamente más costoso del concreto.

En el aspecto técnico se ha puesto énfasis en los efectos del curado deficiente del concreto sobre su resistencia a compresión, por ser esta la propiedad más cotizada y que suele tomarse como índice de la calidad del concreto en general. Sin embargo, los efectos indeseables de las deficiencias de curado también son extensivos a otras propiedades del concreto endurecido, actuando de modo similar que sobre la resistencia mecánica.

Las principales características y propiedades del concreto que pueden resultar afectadas como consecuencia de un curado deficiente, son la estabilidad volumétrica, la deformación bajo carga sostenida, la re-

sistencia a la abrasión y la impermeabilidad, todas las cuales son factores esenciales en la durabilidad de las estructuras de concreto.

REFERENCIAS

- (1) ACI Committee 116. "Cement and Concrete Terminology".
American Concrete Institute. EUA. (1985).
- (2) Portland Cement Association. "Design and Control of Concrete Mixtures". Bulletin PCA No. T-12. EUA. (1952).
- (3) ACI Committee 306. "Cold Weather Concreting".
American Concrete Institute. EUA. (1988).
- (4) U.S. Bureau of Reclamation. "Concrete Manual". Eighth Edition.
U.S. Department of the Interior. EUA. (1975).
- (5) ACI Committee 305. "Hot Weather Concreting".
American Concrete Institute. EUA. (1989).
- (6) ACI Committee 211. "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete".
American Concrete Institute. EUA. (1989).
- (7) Portland Cement Association. "Basic Concrete Construction Practices".
John Wiley and Sons, Inc. EUA. (1975).
- (8) ACI Committee 308. "Standard Practice for Curing Concrete".
American Concrete Institute. EUA. (1986).

- - - - -

MMF

30/06/90

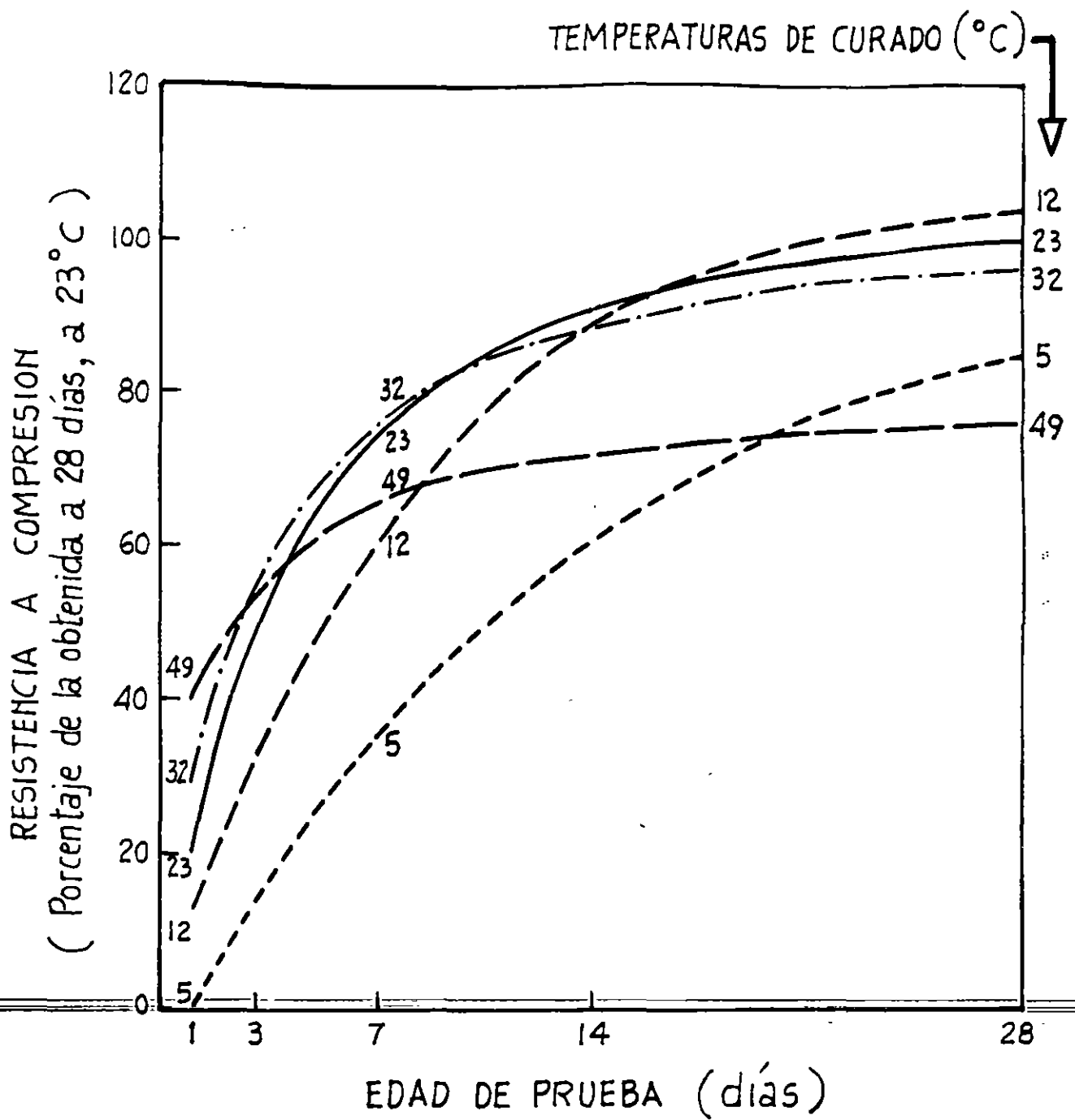


FIG. 1. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE CURADO EN LA EVOLUCION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON LA EDAD.

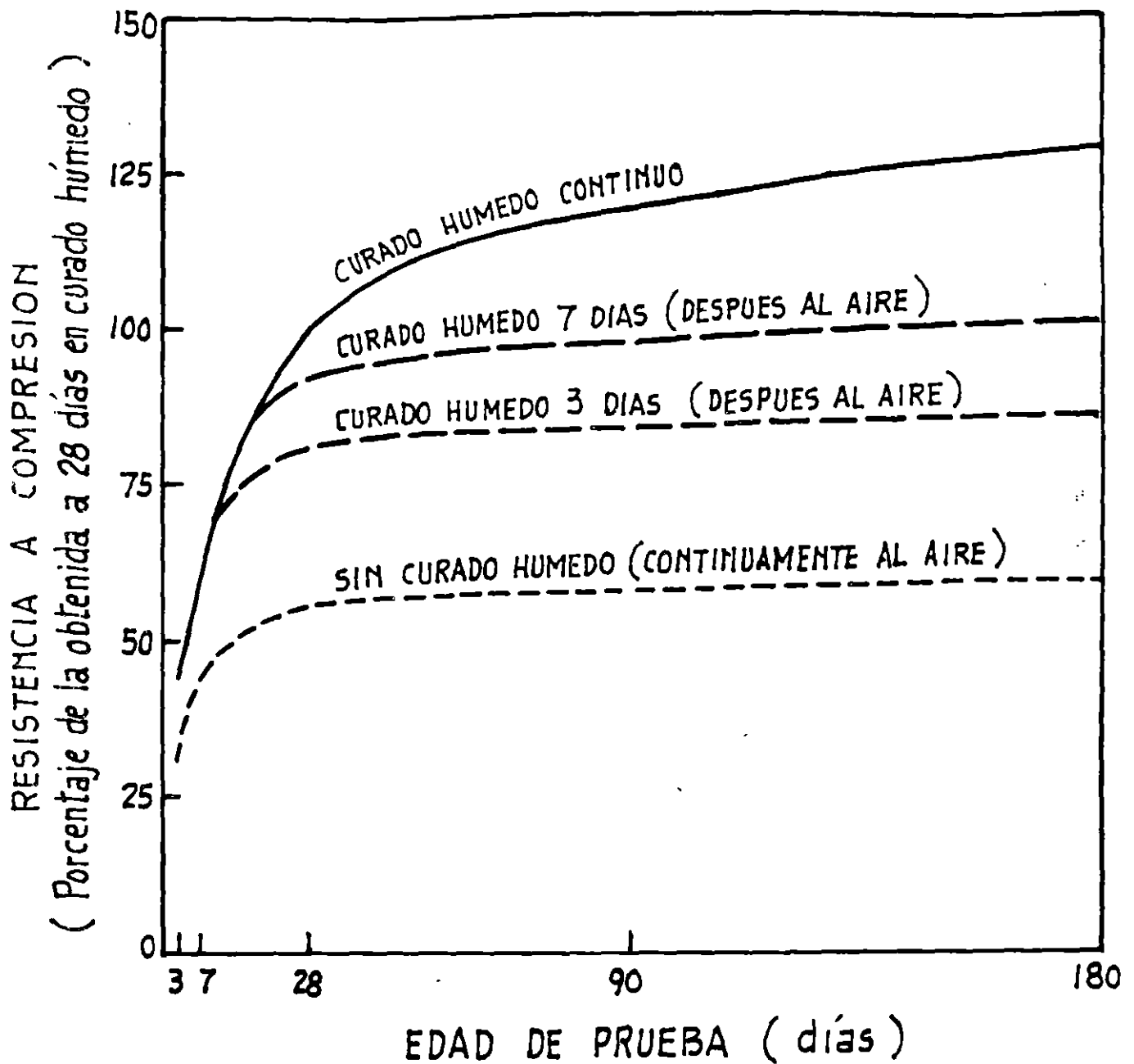
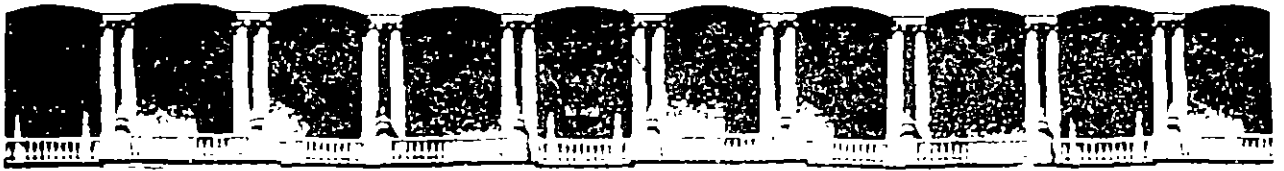


FIG. 2. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD DE CURADO DEL CONCRETO EN SU ADQUISICION DE RESISTENCIA CON LA EDAD.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : TRANSPORTE
COLOCACION DEL CONCRETO**

1996

TRANSPORTE

MOVER EL CONCRETO DE UN LUGAR A OTRO
SIN SEGREGACION

"EL MEDIO O EQUIPO IDEAL SERIA AQUEL QUE LO RECIBIERA DIRECTAMENTE A LA DESCARGA DE LA MEZCLADORA Y LO CONDUJERA RAPIDA Y SUAVEMENTE HASTA SU UBICACION FINAL, DONDE LO DEPOSITARA SIN MOVIMIENTOS BRUSCOS O PROLONGADOS".

PARA QUE?

PARA MANTENER LAS CARACTERISTICAS DEL CONCRETO EN CUANTO A:

RELACION A/C, REVENIMIENTO Y HOMOGENEIDAD

ESTAS CARACTERISTICAS DIFERENTES, DEBEN SER CUIDADOSAMENTE REVISADAS PARA SELECCIONAR EL TIPO DE TRANSPORTE MAS ADECUADO, PARA OBTENER ECONOMICAMENTE CONCRETO DE CALIDAD EN LA OBRA.

RIESGO DE
SEGREGACION

Consistencia de la
mezcla

Tamaño máximo del
agregado

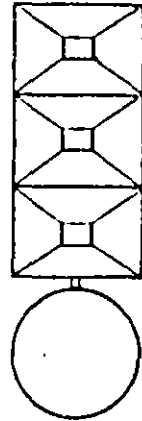
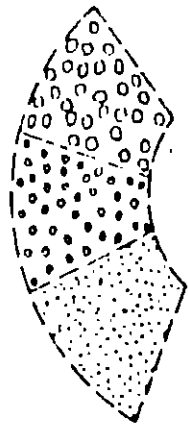
Contenido unitario
de cemento

Procedimiento y
equipo de
transporte

Plástica y semiplástica
(deformabilidad y
cohesión)
Fluída

ACTUALMENTE SE DISPONE DE:

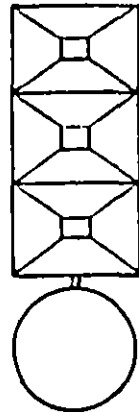
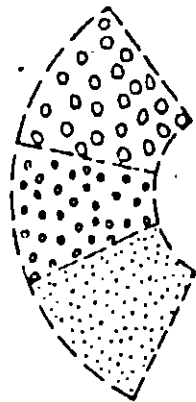
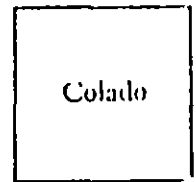
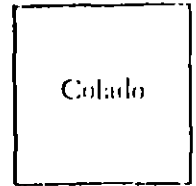
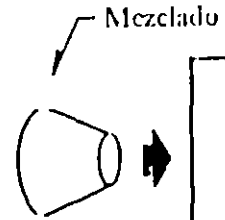
- CAMIONES DE VOLTEO CON CAJA NORMAL
- CAMIONES DE VOLTEO CON CAJA ESPECIAL
(DUMPCRETE)
- CAMIONES MEZCLADORES
- CARRETILLAS Y VAGONETAS
- BOTES PARA CONCRETO (BUCKETS)
- CANALONES
- BANDAS TRANSPORTADORAS
- BOMBAS PARA CONCRETO
- EQUIPO NEUMATICO
- EQUIPO DE PAVIMENTACION
- TUBOS TREMIE



Dosificación

Agregados

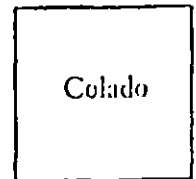
TRANSPORTE DE AGREGADOS

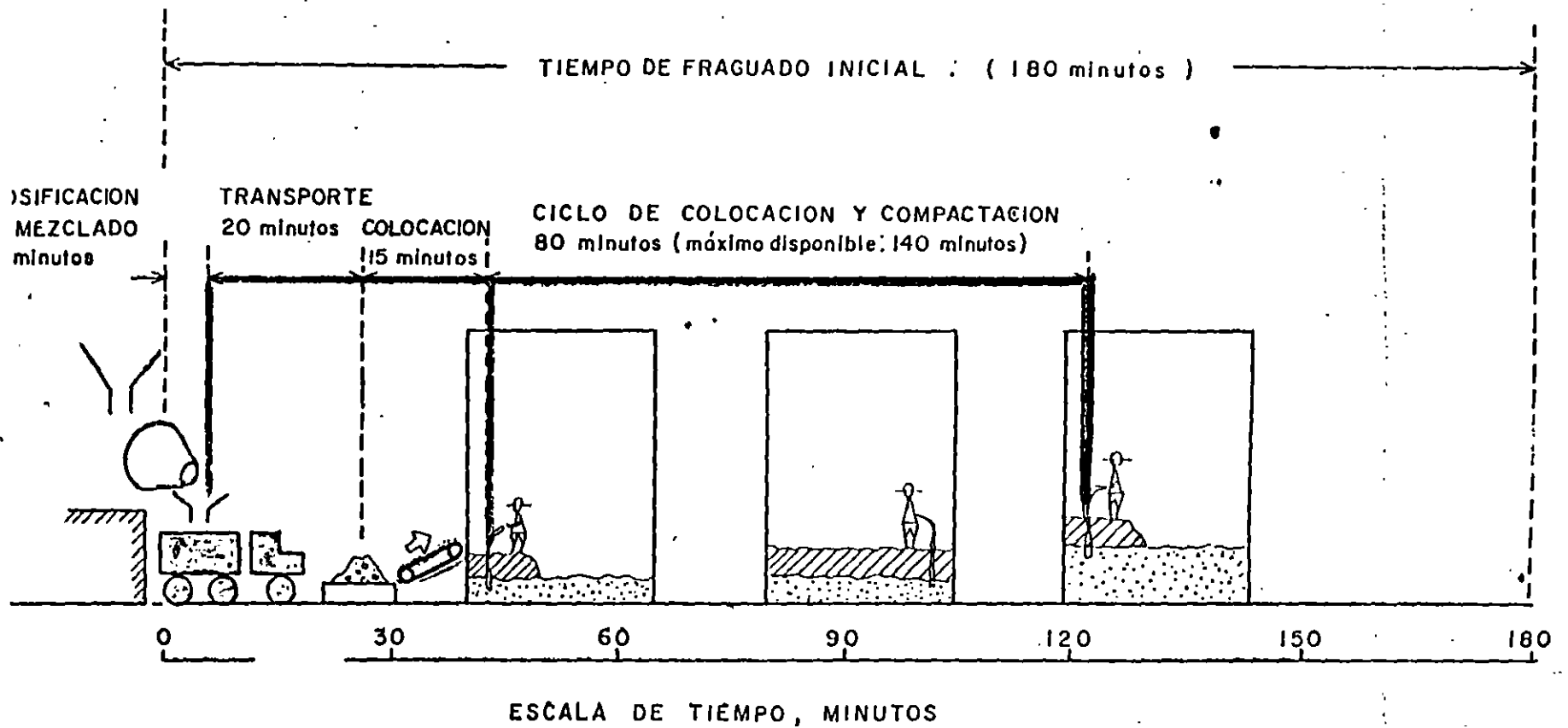


Dosificación y mezclado

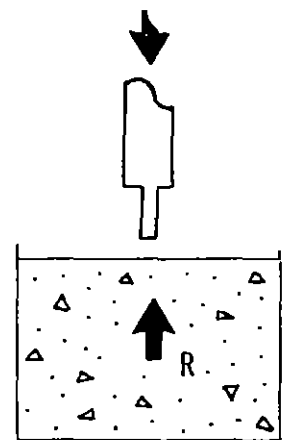
CONCRETO FRESCO

TRANSPORTE DE CONCRETO



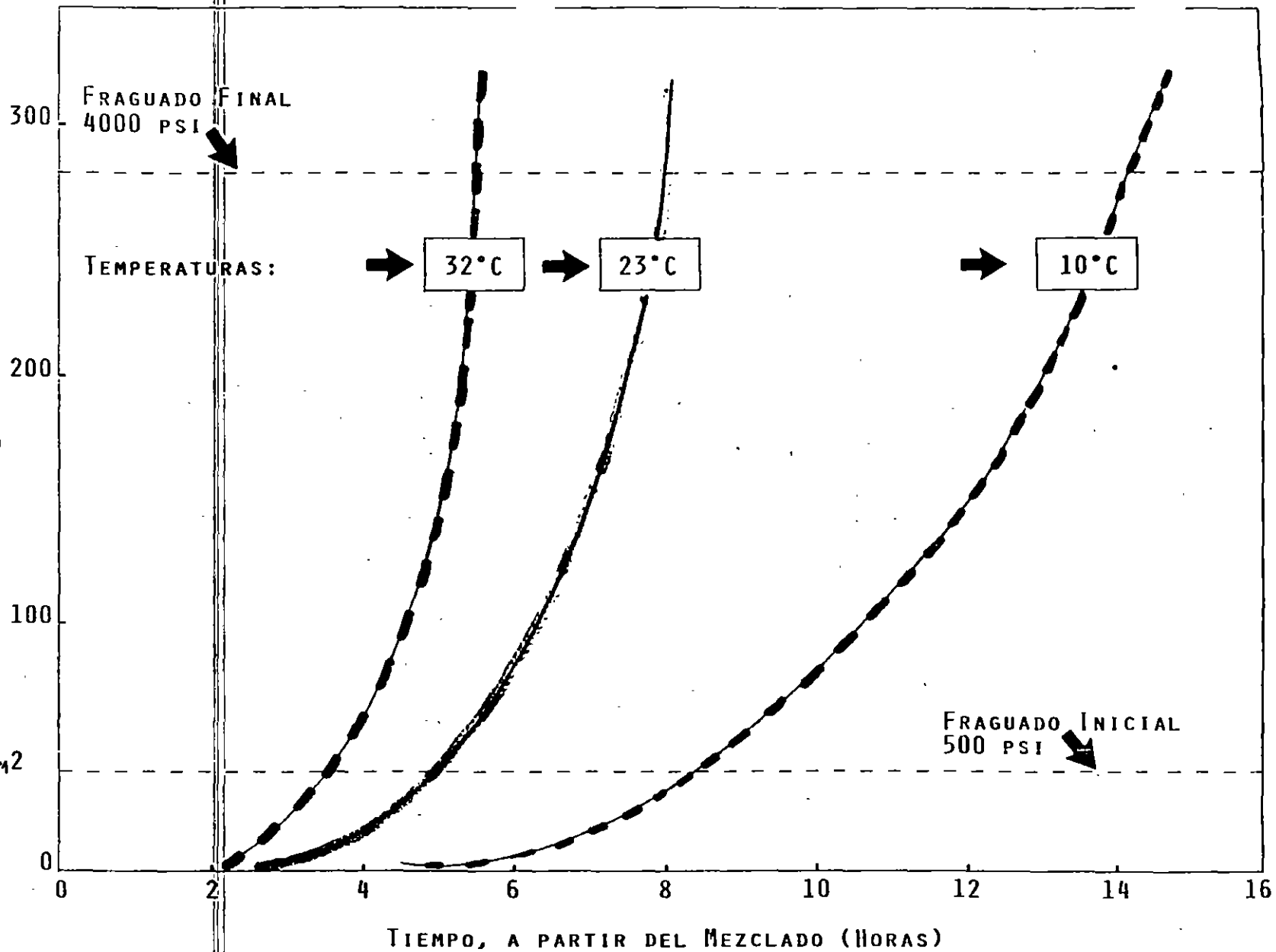


ESQUEMA DEL PROCESO DE COLADO DENTRO DEL PERIODO DE FRAGUADO INICIAL DEL CONCRETO



RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
KG/CM²

35KG/CM²



INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL TIEMPO DEL FRAGUADO DEL CONCRETO

CAMION REVOLVEDORA. REQUISITOS NOM-C-155

CAMION DE CAJA FIJA.

RECIPIENTES MONTADOS EN CAMIONES O CARROS
DE F.F.C.C.

OTROS METODOS COMO: BOMBEO, BANDAS TRANSPOR-
TADORAS, HELICOPTEROS, TUBERIAS.

NOM C-155 ()

CONCRETO HIDRAULICO - ESPECIFICACIONES

- 1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION
- 2.- REFERENCIAS
- 3.- DEFINICIONES
- 4.- REQUISITOS DE CALIDAD PARA CONCRETO HIDRAULICO
- 5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES
- 6.- REQUISITOS PARA EL EQUIPO DE DOSIFICACION
- 7.- REQUISITOS DE MEZCLADO
- 8.- TRANSPORTE Y ENTREGA
- 9.- MUESTREO
- 10.- METODOS DE PRUEBA
- 11.- BASES DE CONTRATACION PARA CONCRETO PREMEZCLADO
- 12.- BIBLIOGRAFIA

7 REQUISITOS DE MEZCLADO

8 TRANSPORTE Y ENTREGA

TABLA 6

REQUISITOS DE UNIFORMIDAD DE MEZCLADO DEL CONCRETO

<i>Prueba</i>	<i>Diferencia máxima permisible entre resultados de prueba con muestras obtenidas de dos porciones diferentes de la descarga (*)</i>
1. Masa volumétrica (Determinada según la NOM-C-162 en kg/m ³)	15
2. Contenido de aire en % del volumen del concreto determinado según NOM-C-157) para concretos con aire incluido	1
3. Revenimiento: — Si el revenimiento promedio es menor de 6 cm.	1.5
— Si el revenimiento promedio está comprendido entre 6 y 12 cm	2.5
— Si el revenimiento promedio es superior a 12 cm	3.5
4. Contenido del agregado grueso retenido en la Criba G 4.75, expresado en porciento de la masa de la muestra	6
5. Promedio de la resistencia a la compresión a 7 días de edad de cada muestra, expresado en porciento (**), determinado de acuerdo a la NOM-C-83	10

Camiones mezcladores: La adopción de este tipo de camiones definió la imagen de la industria del concreto premezclado

Se puede utilizar para: Mezclado total en el camión
Mezclado parcial en el camión
Dosificación en seco
Mezclado total en planta

Mezclado total en camión: Los materiales se dosifican en planta cargando los materiales a una velocidad baja de la olla revolvedora.
Mezclado en olla a la velocidad de mezclado con 70 a 100 revoluciones. El acarreo a velocidad de agitación. Descarga, previo mezclado de 10 a 15 revoluciones de la olla.
Volumen absoluto de los materiales 63% máximo de la capacidad de la olla (usado como agitador 80%).

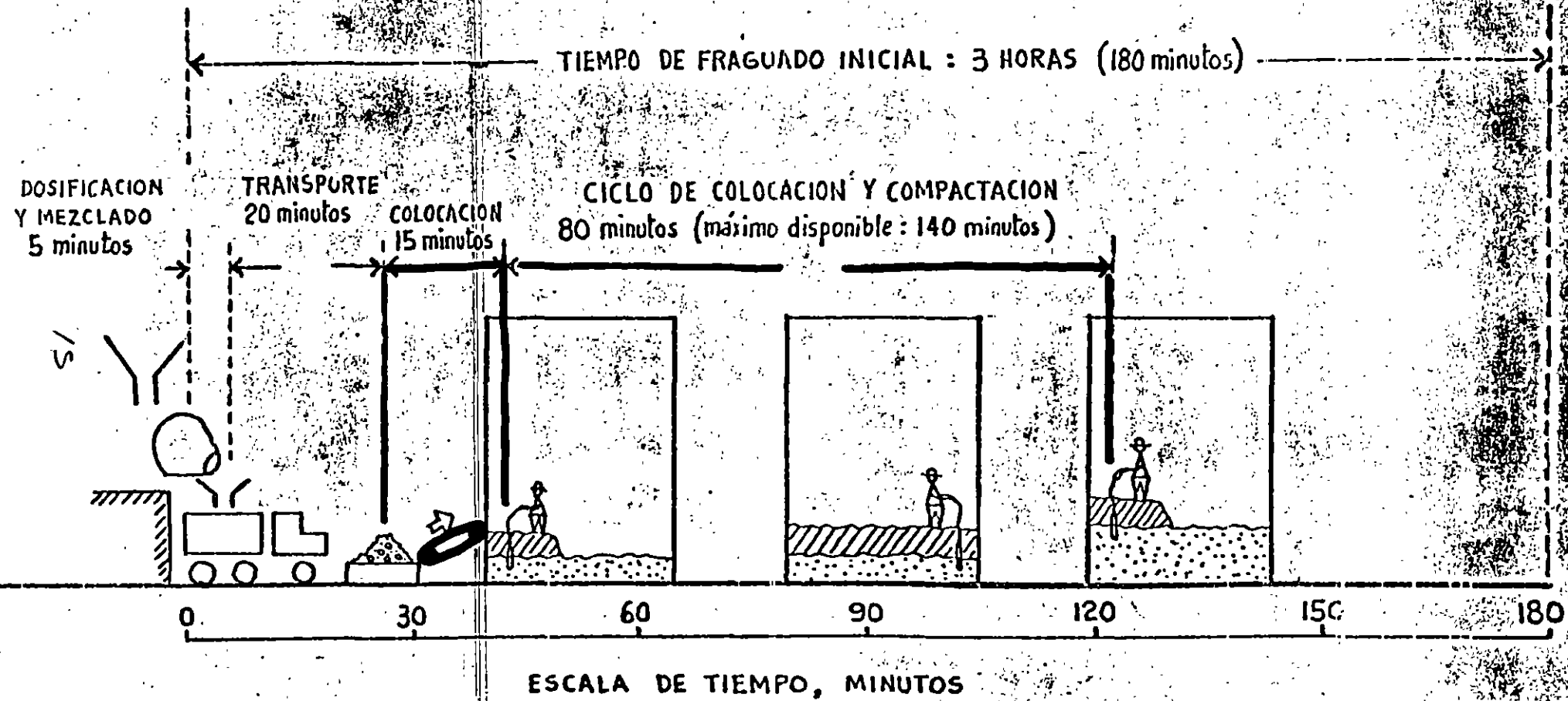
Camión de caja normal: Limitado a concreto mezclado en obra.
Camino llanos.
Tiempo máximo de entrega 30 a 45 min.
Jamás debe agregarse agua, mezclas plásticas o semiplásticas.

Precauciones: Mantener cubierto el concreto durante el acarreo.
Reducir la temperatura de la mezcla.
Evitar uso de cemento caliente o con fraguado falso.

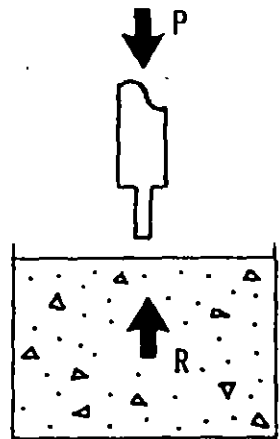
Camión de caja especial: Caja de una sola pieza sin intersticios.
~~Pueden montarse vibradores para controlar~~
y ayudar a la descarga y aspas agitadoras.

COLOCACION DEL CONCRETO

CONSERVAR LA HOMOGENEIDAD DE LA MEZCLA. DISTRIBUIR EL CONCRETO DURANTE EL LLENADO DE LOS MOLDES DE ACUERDO A UN PLAN DEFINIDO, CUIDANDO QUE EL CONCRETO CONSTITUYA UN VOLUMEN MONOLITICO DESPUES DE ENDURECIDO.



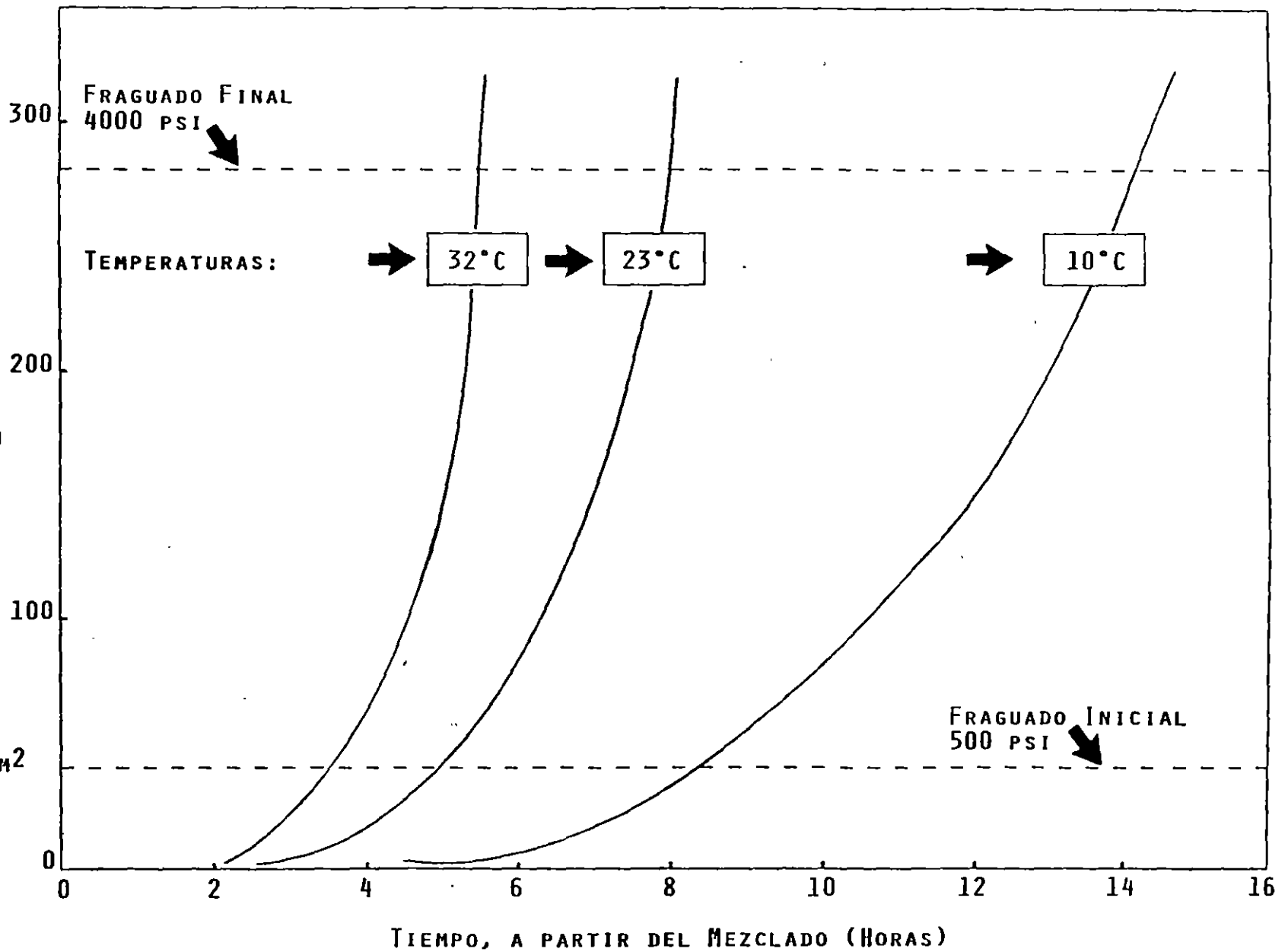
ESQUEMA DEL PROCESO DE COLADO DENTRO DEL PERIODO DE FRAGUADO INICIAL DEL CONCRETO



RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
KG/CM²

9/

35KG/CM²



INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL TIEMPO DEL FRAGUADO DEL CONCRETO

LA COLOCACION DEL CONCRETO, VACIADO O COMO SE DICE EN MEXICO: "EL COLADO", A MENUDO RESULTA SER LA CLAVE DE TODA LA OPERACION.

SELECCIONAR EL METODO APROPIADO DE COLOCACION EVITARA:

- LA SEGREGACION Y LA FORMACION DE ZONAS POROSAS, DEFECTOS "PANAL DE ABEJA".
- EL DESPLAZAMIENTO DE LAS CIMBRAS Y DEL ACERO DE REFUERZO.
- AYUDARA A TENER UNA ADHERENCIA FIRME ENTRE LAS CAPAS Y MINIMIZAR EL AGRIETAMIENTO POR ~~CONTRACCION POR FRAGUADO.~~

PARA EFECTUAR LA DESCARGA DEL CONCRETO,
LA DIRECCION DE LA CAIDA DEBE SER PREFEREN-
TEMENTE VERTICAL.

LAS OPERACIONES QUE INVOLUCRAN CAIDA LIBRE
NO DEBEN CAUSAR LA SEGREGACION DEL AGREGADO
GRUESO DEL CONCRETO.

LA SELECCION DEL EQUIPO DE COLOCACION DEBE BASARSE EN SU CAPACIDAD PARA QUE LA MAYOR CANTIDAD DE CONCRETO PUEDA RAPIDAMENTE CONSOLIDARSE EN EL LUGAR:

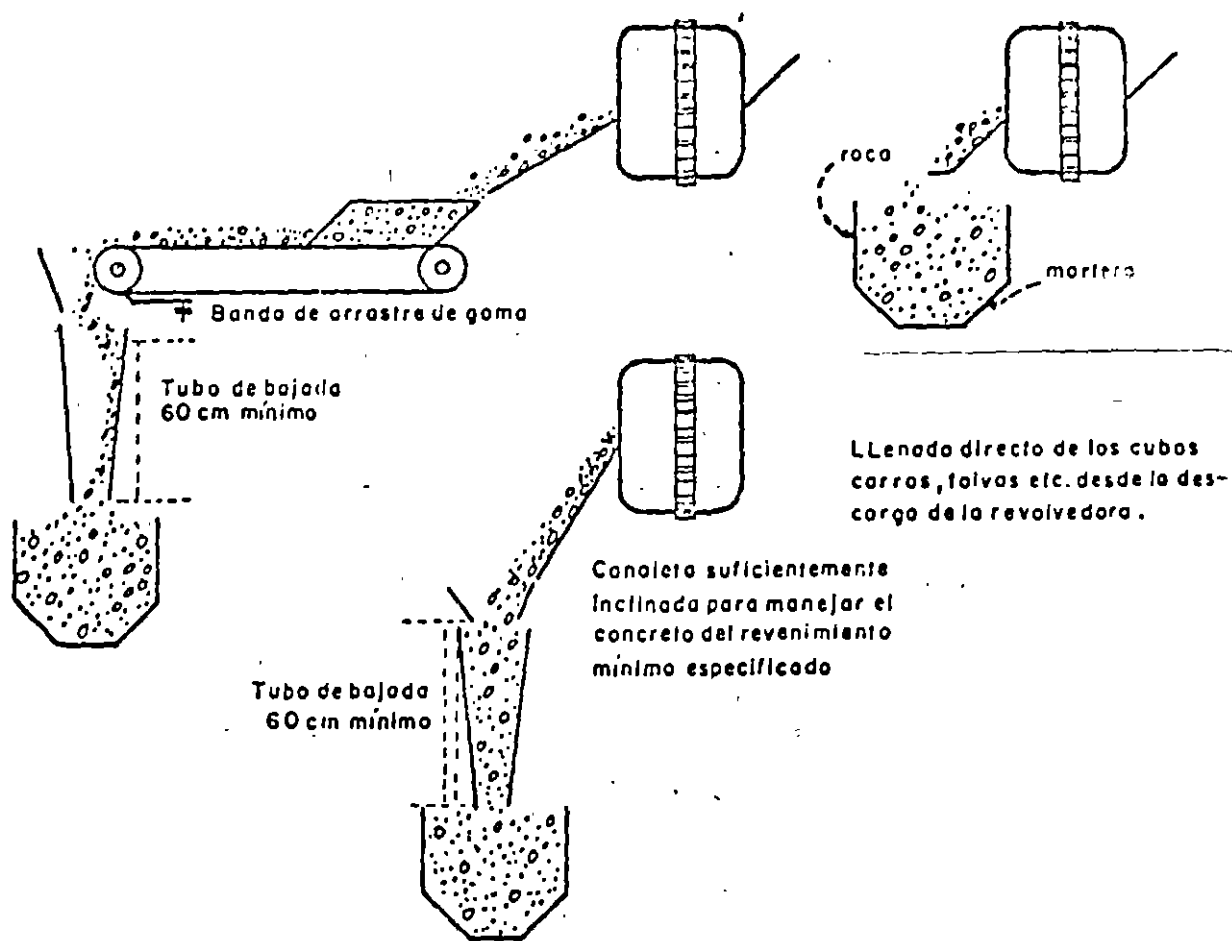
PRODUCIR UN ADECUADO Y CONSISTENTE SUMINISTRO DEL CONCRETO EN ESTADO PLASTICO Y NO SE FORMEN JUNTAS FRIAS.

LA SELECCION DEL EQUIPO TAMBIEN ESTA INFLUENCIADA POR EL METODO DE PRODUCCION DEL CONCRETO.

VGR: BOTES PARA CONCRETO, CARRETILLAS, ETC., SON ADECUADOS PARA PRODUCCION EN "BACHAS". BANDAS TRANSPORTADORAS Y BOMBAS SON MAS ADECUADAS PARA PRODUCCION CONTINUA.

NO DEBE UTILIZARSE EQUIPO CON EL QUE SE REQUIERA HACER AJUSTES A LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA.

DEBE ESTAR LIMPIO Y ADECUADAMENTE REPARADO.

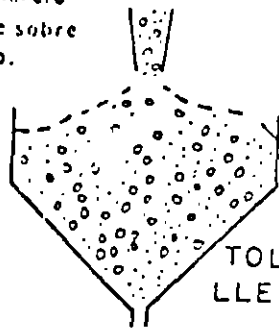


LLenado directo de los cubos carros, tolvas etc. desde la descarga de la revoladora.

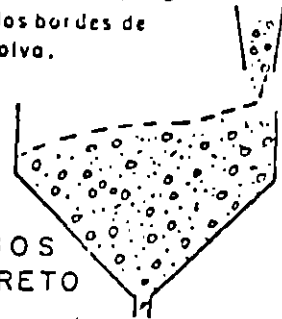
izquierda
 longitud de la canaleta o transportador
 y ya sea que se descargue en los cubos, carros, camiones o tolvas.

CONTROL DE SEGREGACION AL DESCARGAR EL CONCRETO DE LAS REVOLVEDORAS

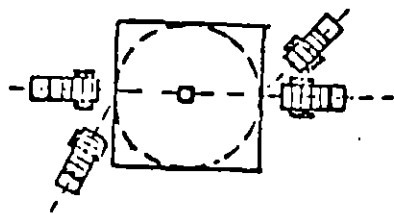
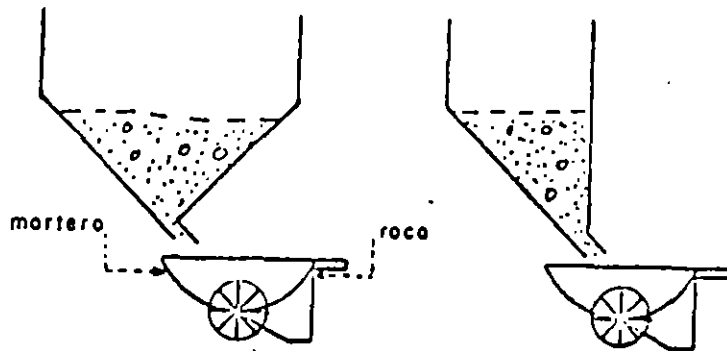
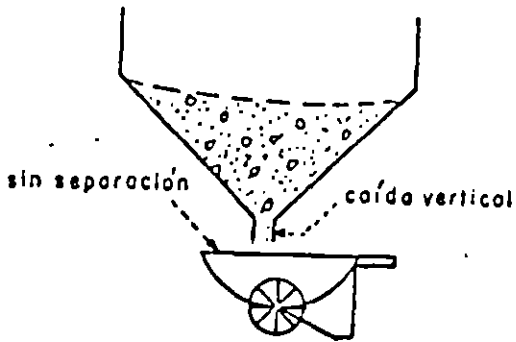
Caída del concreto directamente sobre la compuerta.



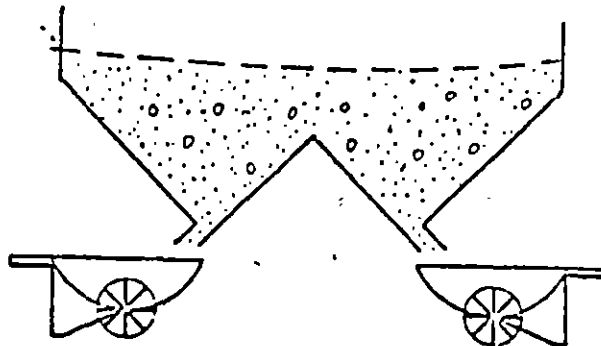
Caída del concreto en los bordes de la tolva.



TOLVAS O CUBOS LLENOS DE CONCRETO



Descarga por la abertura central para caer verticalmente en el centro del carro. La entrada alternada permite cargar a la misma velocidad que con tolvas divididas en 2 compuertas de solido los cuales son objetables.



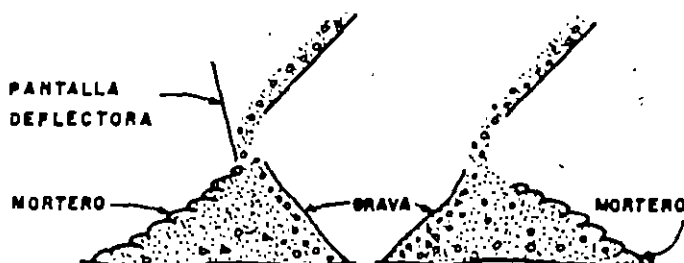
Compuertas inclinadas de salida que en realidad son canales sin control de salida y causan segregación objetable al llenar los carros.

DESCARGA DE LAS TOLVAS PARA CARGAR EL CONCRETO EN LOS CARROS



CORRECTO

ESTE ARREGLO IMPIDE LA SEGREGACION, NO IMPORTA QUE TAN CORTO SEA EL DUCTO DE DESCARGA E INDEPENDIEMENTE DE SI EL HORMIGON SE DEPOSITA EN TOLVAS, CANECAS, CARROS, CAMIONES, O ENCOFRADOS.

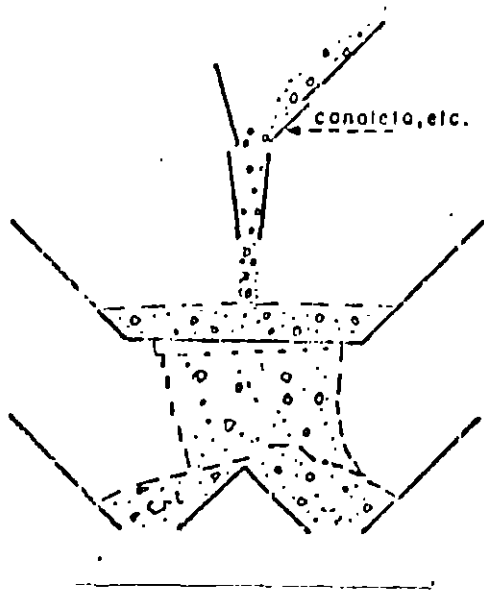


INCORRECTO

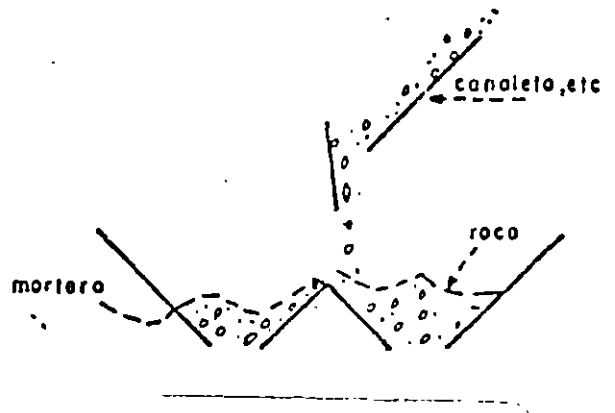
CONTROL INADECUADO O INEXISTENTE EN EL EXTREMO DE CUALQUIER DUCTO DE DESCARGA DE HORMIGON, NO IMPORTA QUE TAN CORTO SEA. EN GENERAL, UNA PANTALLA DEFLECTORA TAN SOLO CAMBIA LA DIRECCION DE LA SEGREGACION.

CONTROL DE LA SEGREGACION EN EL EXTREMO DE DUCTOS DE DESCARGA DE HORMIGON

LO ANTERIOR SE APLICA A DESCARGAS EN PENDIENTE DESDE HORMIGONERAS, CAMIONES-HORMIGONERAS, ETC., TANTO COMO A DUCTOS MAS LARGOS, EXCEPTO CUANDO EL HORMIGON SE DEPOSITA EN OTRO DUCTO O EN UNA BANDA TRANSPORTADORA.

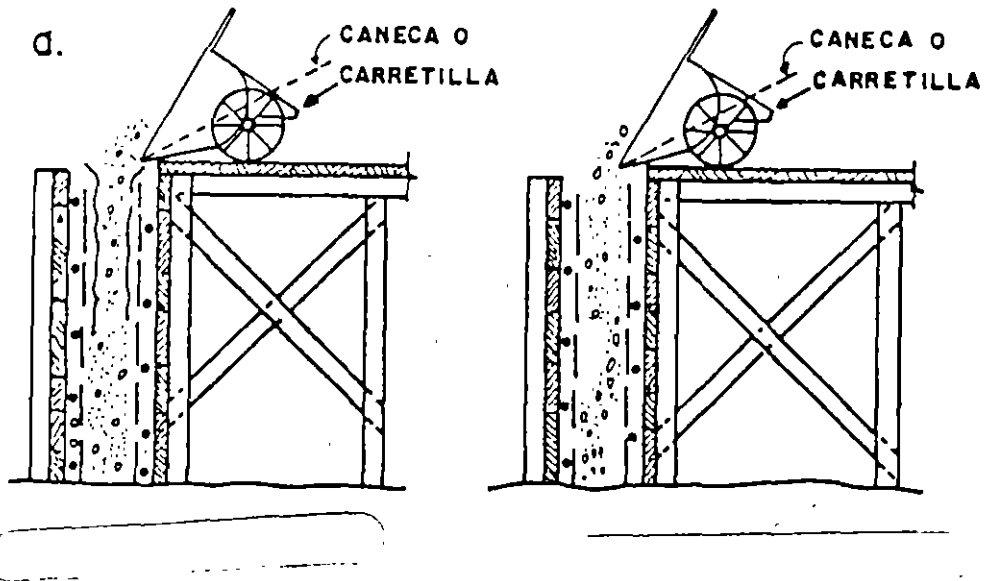


El dispositivo muestra un método práctico cuando se usa una tolva dividida (Debe usarse, cuando sea posible, tolvas con una sola descarga)



La tolva dividida llena, como se muestra arriba, produce invariablemente segregación y carencia de uniformidad en el concreto entregado por cualquier otra compuerta

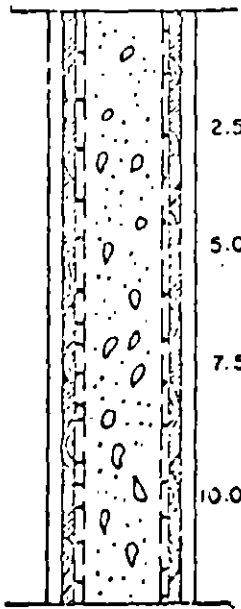
TOLVAS DIVIDIDAS PARA CONCRETO



EL HORMIGON SE DESCARGA EN UNA TOLVA ALIMENTADORA LIVIANA POR UN DUCTO DE CAIDA LIVIANO Y FLEXIBLE, CON LO QUE SE EVITA LA SEGREGACION. LA FORMALETA Y EL ACERO SE CONSERVAN LIMPIOS HASTA QUEDAR CUBIERTOS POR EL HORMIGON.

PERMITIR QUE AL DESCARGARLO DE LA CANALETA O CARRETILLA, EL HORMIGON GOLPEE LAS PAREDES DEL ENCOFRADO Y QUE REBOTE CONTRA ÉSTE Y CONTRA LAS VARILLAS DE REFUERZO, PRODUCIENDO SEGREGACION Y LA FORMACION DE HORMIGUEROS EN EL FONDO.

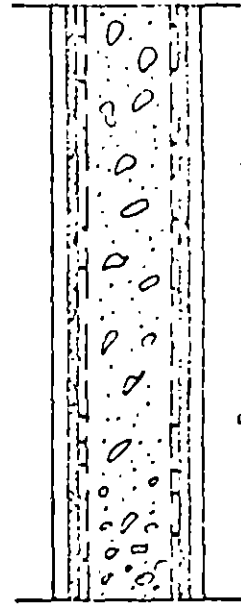
VACIADO DE HORMIGON EN LA PARTE SUPERIOR DE UN ENCOFRADO ANGOSTO



2.5
5.0
7.5
10.0

Centímetros de reventimiento, se reduce en cada cuarta parte de la profundidad de la cimbra conforme se va llenando.

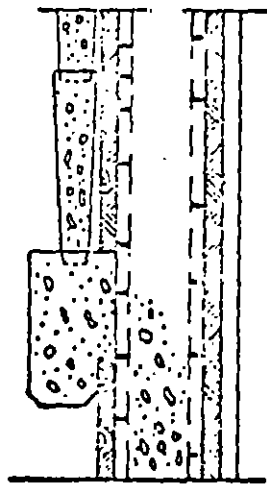
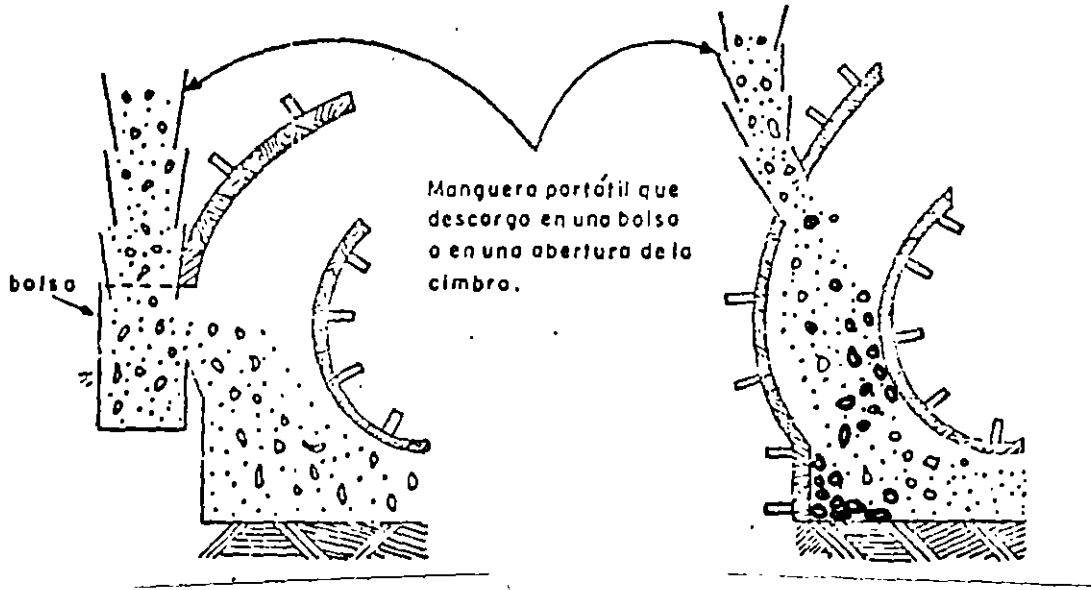
El concreto es más húmedo en el fondo de cimbras y se hace más seco conforme se alcanza la parte superior.
El aumento de agua tiende a igualar la calidad del concreto.
La contracción por asentamiento se reduce al mínimo.



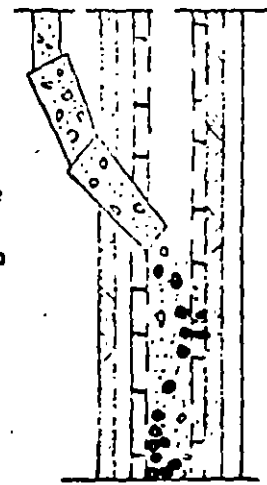
Reventimiento constante

El mismo reventimiento en la parte superior y en la parte inferior. El alto reventimiento en la parte superior produce un exceso de agua y decoloración, pero una de calidad y menos durabilidad de la capa superior.

CONSISTENCIA DEL CONCRETO EN CIMBRAS PROFUNDAS Y ESTRECHAS

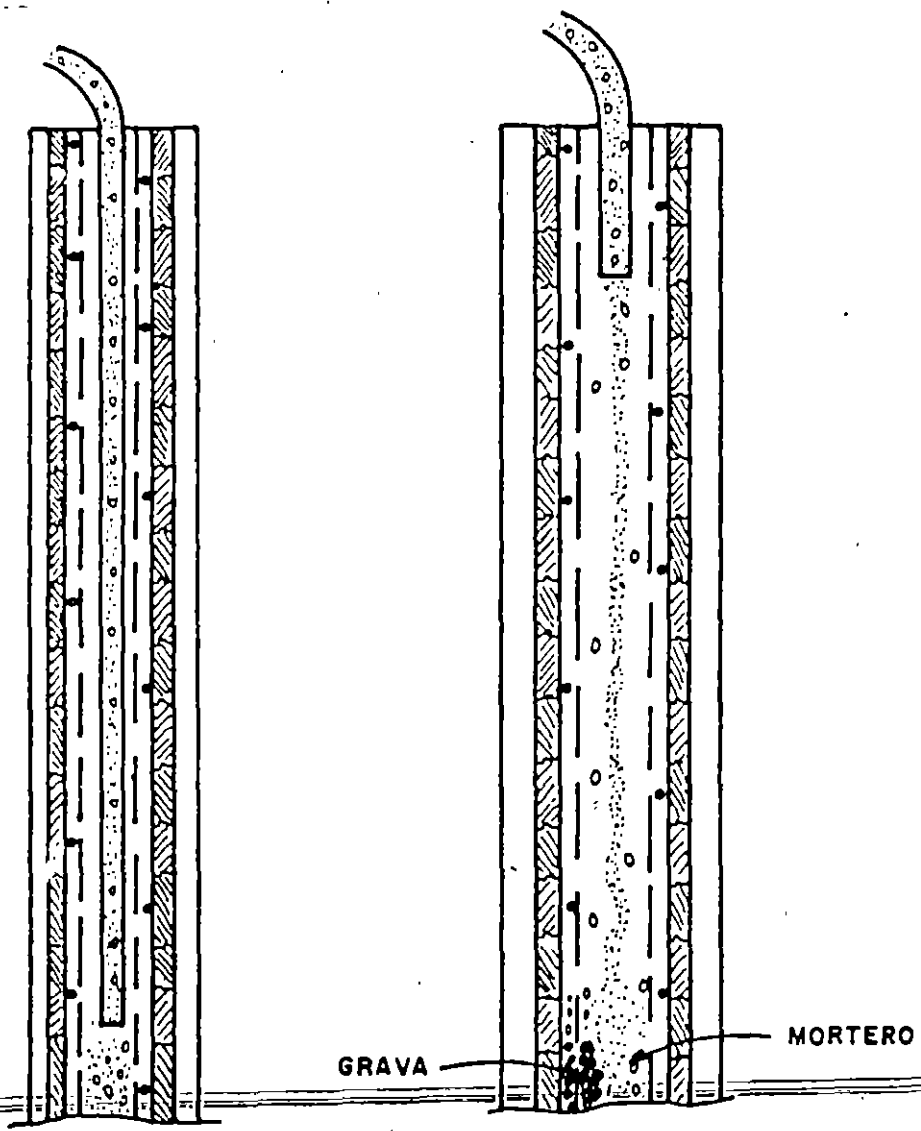


Caída vertical del concreto en bolsas exteriores debido a cada abertura de la cimbro de tal manera que el concreto se detiene y fluye fácilmente sin segregarse.

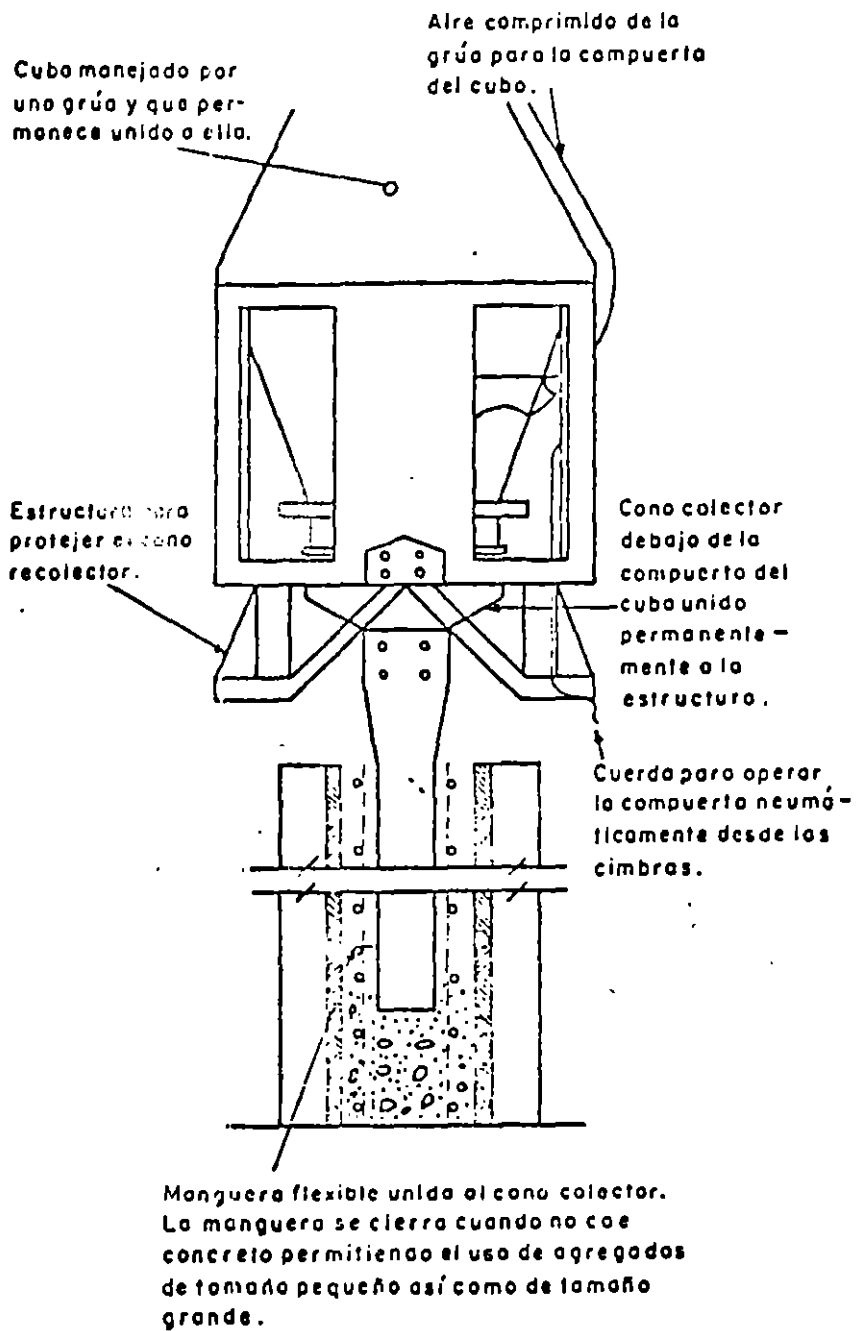


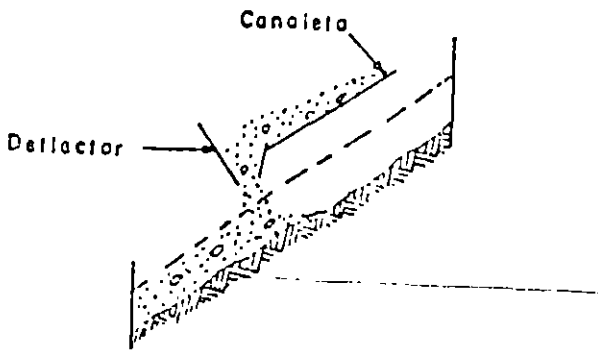
Se permite que el concreto fluya a gran velocidad dentro de las cimbras o que forme un ángulo con la vertical. Esto invariablemente resulta en segregación.

COLOCACION EN PAREDES PROFUNDAS O CURVAS A TRAVES DE COMPUERTAS EN LA CIMBRA

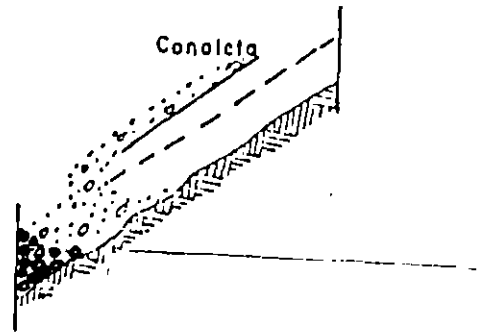


VACIADO EN PARED PROFUNDA O CURVA CON BOMBA DE HORMIGONAR Y MANGUERA



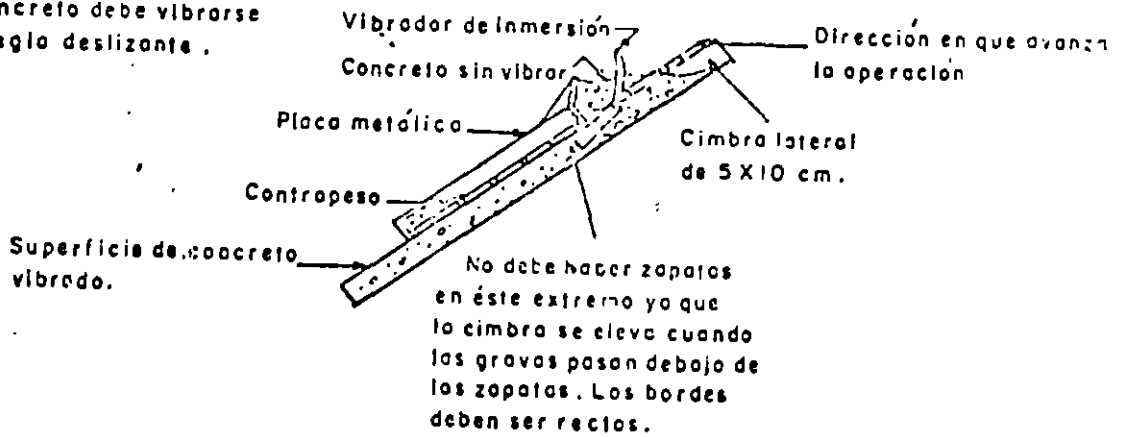


Coloquese un deflector en el extremo de la canoleta de tal manera que se evite la segregación y el concreto forme una pendiente.



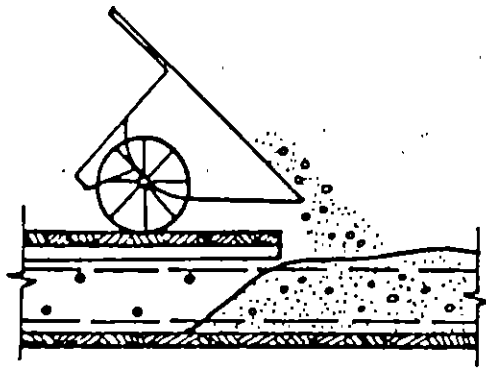
Descargar el concreto desde el extremo libre de una canoleta en una pendiente por cubrir. La grava se segrega y se va al fondo de la pendiente. La velocidad hace que el concreto se vaya hacia abajo.

Para colar concretos sin cimbras en pendientes. La regla deslizante debe ser de metal, con contrapeso y no debe vibrarse. El concreto debe vibrarse adelante de la regla deslizante.

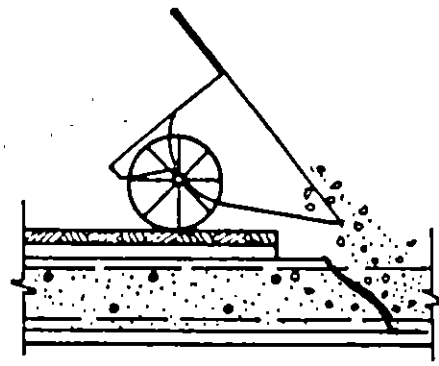


VACIADO DEL CONCRETO EN PENDIENTES

f.

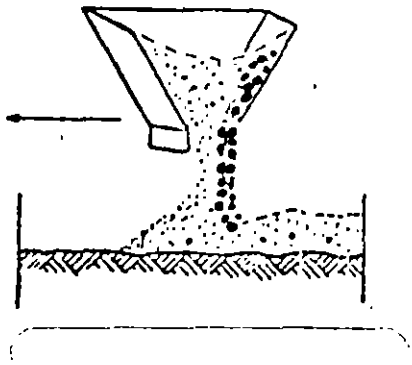


DESCARGAR EL HORMIGON
SOBRE LA CARA DEL YA
DEPOSITADO EN EL SITIO.

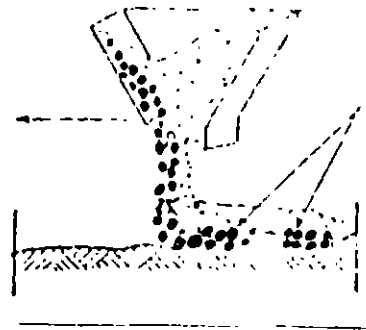


DESCARGAR EL HORMIGON
ALEJANDOSE DEL YA DE-
POSITADO EN EL SITIO.

VACIADO DE LOSAS DE HORMIGON POR CARRETILLAS



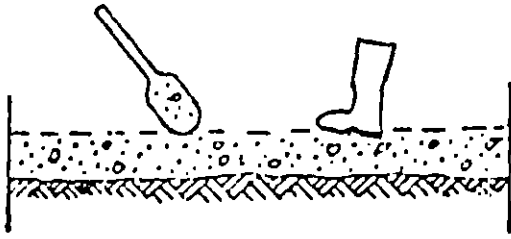
Gírese el cubo para que la grava segregada calga en el concreto de tal manera que pueda combinarse dentro de la masa.



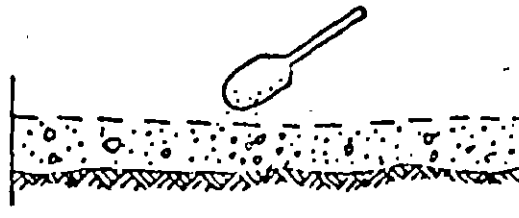
Esto es el caso que se forma en el fondo de la base.

La grava cae libremente y se acumula en las cimbrias o en la base.

EN CASO DE QUE NO SE HAYA ELIMINADO LA SEGREGACION AL LLENAR LOS CUBOS (REMEDIO TEMPORAL HASTA QUE SE HAGA LA CORRECCION)



Con una pala se pasa la
grava de las bolsas de
piedra o otra zona con
suficiente cantidad de
arena y se consolida
o vibra .



Trator de corregir las bolsas de
piedra echando mortero y concreto
fluido en la zona .

TRATAMIENTO DE BOLSAS DE PIEDRA AL COLAR EL CONCRETO

EQUIPO

COLOCACION
DEL
CONCRETO



CAMIÓN REVOLVEDOR

BOMBEO

BANDAS

CARRETILLAS O BUGGY

OTROS

BOMBEO: El concreto conducido por presión por medio de un tubo rígido o de una manguera flexible hasta el área de trabajo.

La colocación del concreto por bombeo, es una práctica que se ha extendido rápidamente en la Industria de la Construcción.

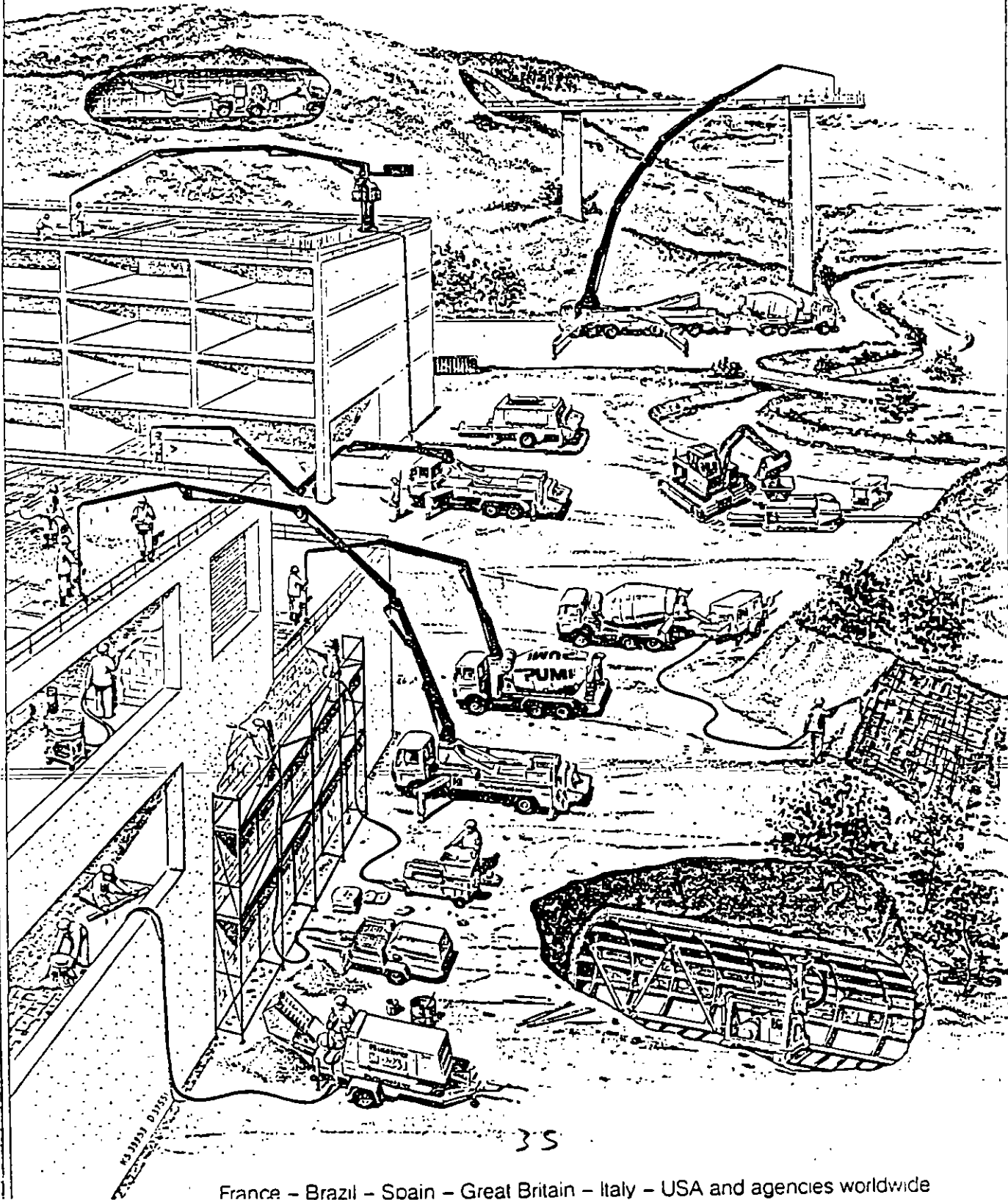
La presión se aplica con bombas de pistón o aire comprimido o presión por compresión (squeeze) (de retaque).

Para obtener un adecuado bombeo, se necesita proporcionar un suministro constante de concreto bombeable.

Al igual que el concreto convencional, el concreto bombeable exige un buen control de calidad.

La capacidad de entrega del concreto por este medio, varía de 10 a 100 m³ por hora. Actualmente se puede bombear hasta 300 m en forma horizontal o hasta 90 m verticalmente, aún cuando se tienen noticias de bombeos en forma horizontal de 610 m y 152 m en forma vertical.

Putzmeister



France - Brazil - Spain - Great Britain - Italy - USA and agencies worldwide

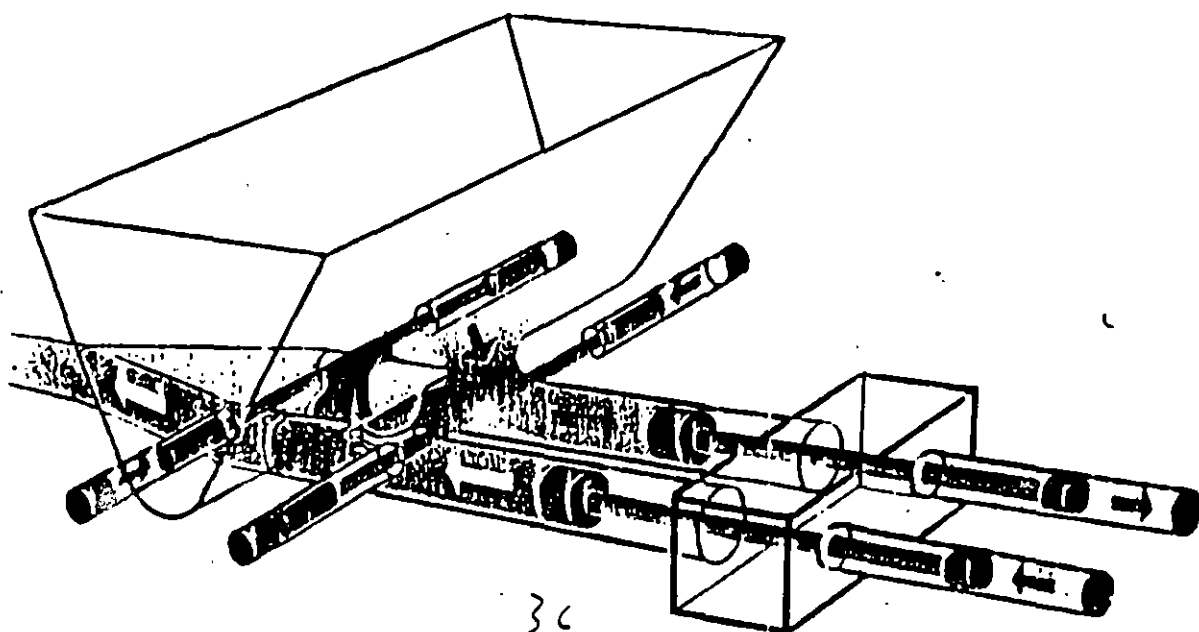
EQUIPO DE BOMBEO:

1) BOMBAS DE PISTON

Constan de: tolva de recepción provista de aspas
válvula de entrada
válvula de salida
uno o dos pistones
un cilindro

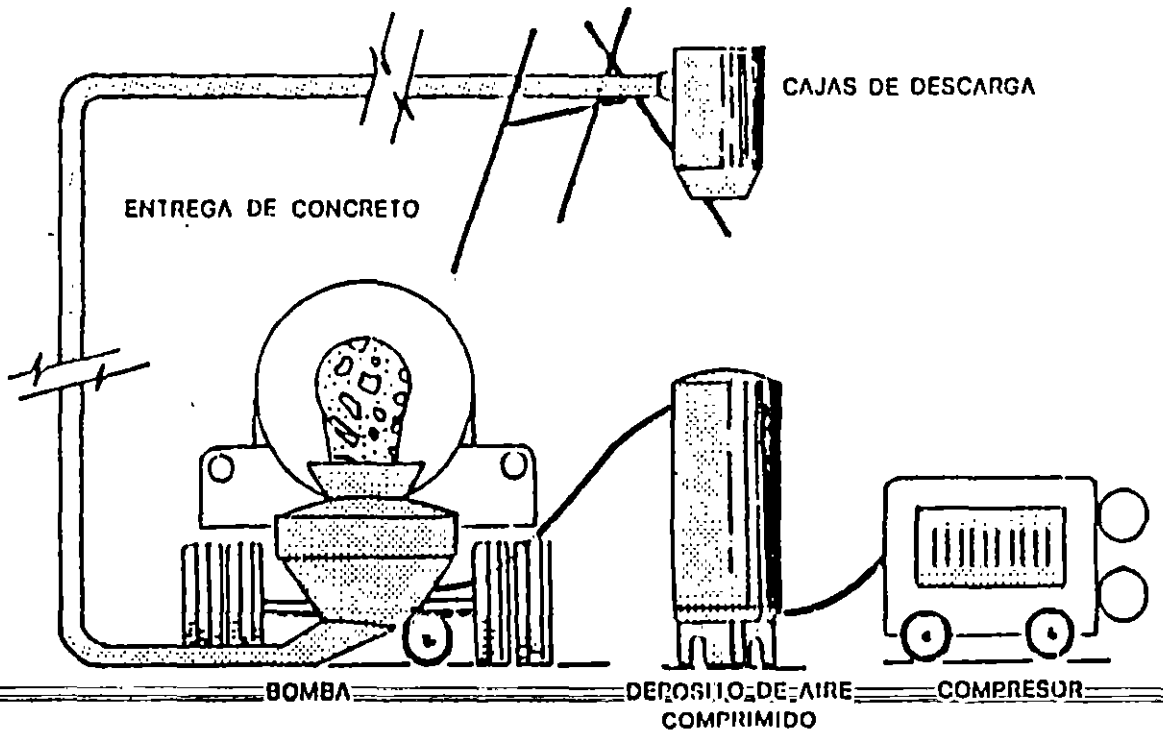
Los pistones son accionados por una biela o cadena
o hidráulicamente con aceite o agua.

La toma de fuerza se proporciona por motor de
gasolina, diesel o eléctrico.



2) BOMBAS NEUMATICAS

Este sistema consiste principalmente en un recipiente de presión y en un suministro de aire a presión mediante un compresor.

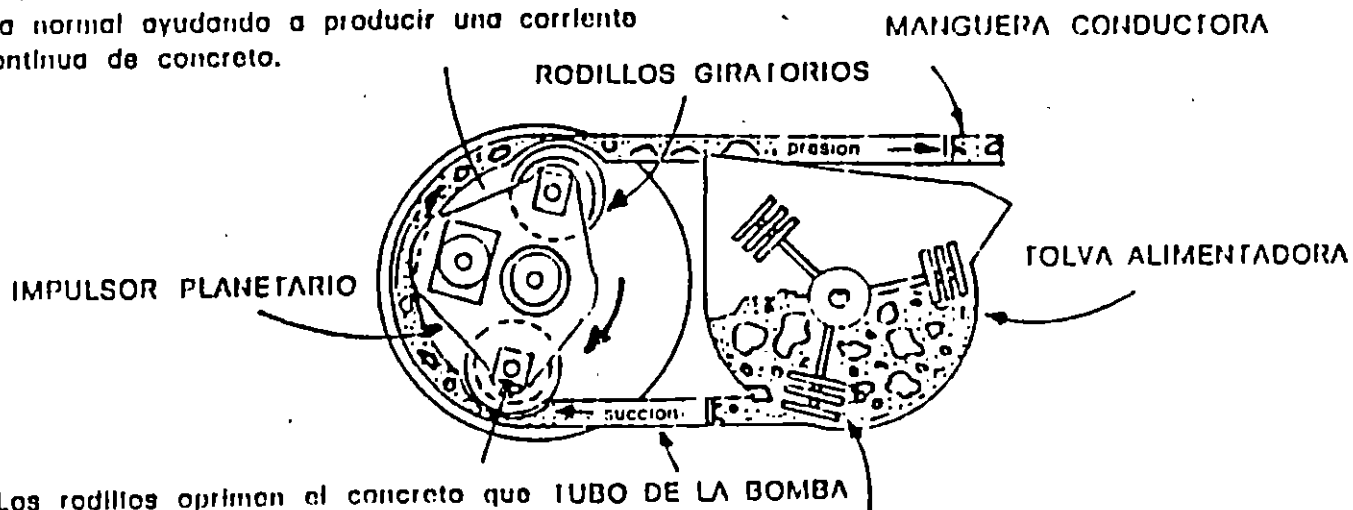


El compresor llena de aire comprimido el tanque, que empuja el concreto en la bomba a través de la tubería.

3) BOMBAS DE PRESION POR COMPRESION O RETAQUE

Este equipo consta de una tolva de recepción con áspas remezcladoras. La tolva se conecta a una manguera flexible, la cual llega hasta el fondo de un tambor metálico que se mantiene al alto vacío y corre alrededor de toda la periferia interior de este tambor y sale por la parte superior del mismo. En este tambor, existen unos rodillos que giran sobre la manguera y la exprimen impulsando al concreto. El vacío mantiene a la manguera llena de concreto.

El enrarecimiento del aire que se mantiene en la cámara de la bomba vuelve al tubo a su forma normal ayudando a producir una corriente continua de concreto.



Los rodillos oprimen el concreto que se encuentra dentro del tubo impulsándolo hacia la manguera de conducción.

Áspas giratorias que empujan el concreto al tubo de la bomba.

LAS BANDAS TRANSPORTADORAS SE CLASIFICAN EN
TRES TIPOS :

1. PORTATILES
 2. ALIMENTADORAS O EN SERIE
 3. RADIALES O DESCARGA LOCALIZADA
-

Bandas transportadoras: Cuando se utilizan debidamente producen buen rendimiento en el transporte de mezclas de concreto, cuya consistencia vaya de seca a plástica.

Limitación principal: mucho desarrollo para salvar diferencias de nivel entre los puntos de carga y descarga.

Por las variables que influyen en la fluidez, se estima que una banda lisa puede operar en ángulos hasta de 20° a 25° y si la banda tiene corrugaciones hasta 35°.

Ancho mínimo 41 cm.

Capacidad real = 70% de capacidad teórica.

Control de descarga.

CARACTERISTICAS DEL LISTON DE CONCRETO

- A) SU RESISTENCIA A FLUIR
 - B) LA DISTANCIA MINIMA A LA ORILLA DE LA BANDA (0.05 ANCHO DE LA BANDA + 0.9 PULG.)
 - C) SECCION TRANSVERSAL DE LA CARGA CARGA Y DESCARGA DE LA BANDA TRANSPORTADORA
-

DISEÑO DE LAS BANDAS

=====

CAPACIDAD TEORICA DE LAS BANDAS

$M^3/H = 60 \times \text{AREA (M}^2) \times \text{VELOCIDAD M/MIN.}$

ANCHO DE LA BANDA= 61 CM PARA CONCRETO TMA 150 MM

41 CM PARA CONCRETO TMA 80 MM

PROTECCION DE LAS BANDAS:

- COMPONENTES ELECTRICOS IMPERMEABLES
- CIRCUITOS HIDRAULICOS SELLADOS

Carretillas, vagonetas

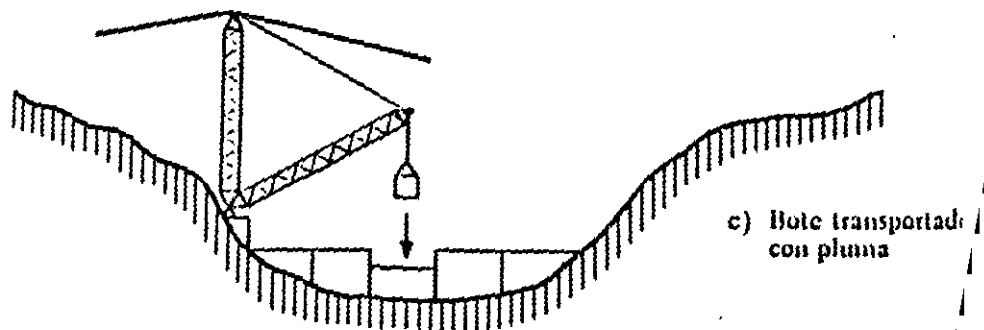
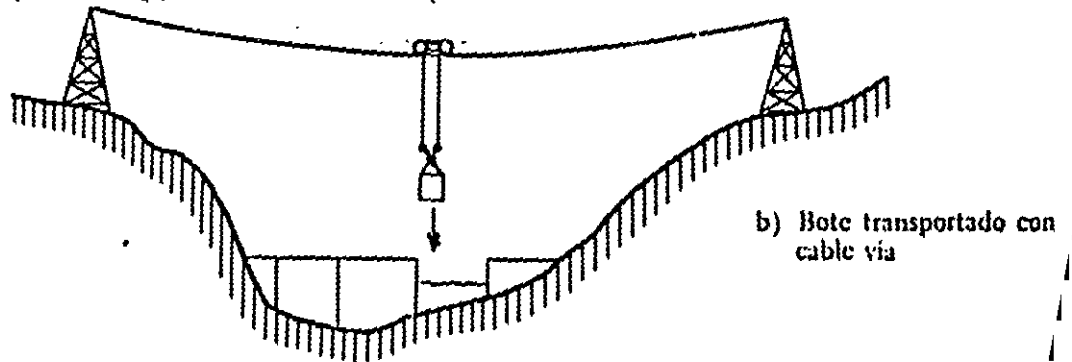
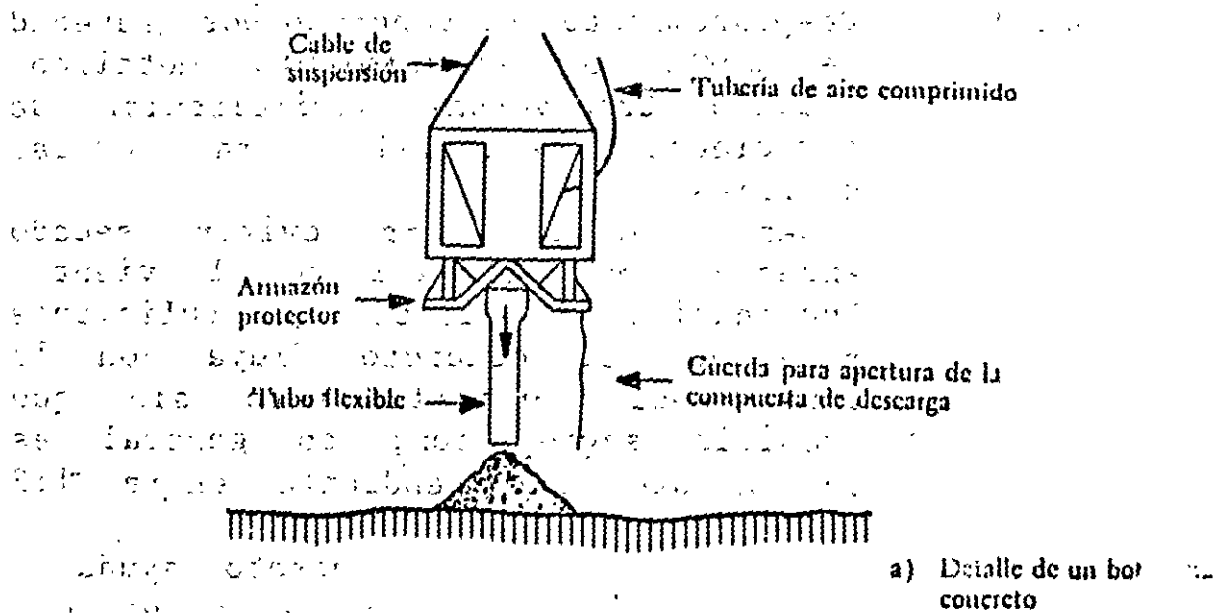
(manuales o motorizadas): Limitado a distancias máximas de entrega de 60 m. si son manuales ó 120 m. si son motorizadas.

Importante: vías de tránsito lisas y rígidas.

Llantas neumáticas.

Descarga por volteo que puede hacerlas inadecuadas para el transporte de mezclas secas.

Botes: Recipientes metálicos de forma tronco-cónica con descarga por la parte inferior y carga por la parte superior que permite el manejo de mezclas secas. Acarreo por suspensión mediante cables (grúas, plumas, cable vía, dragas, etc.) que da grandes ventajas de operación.
Capacidad de 0.8 a 9 m³ de concreto.



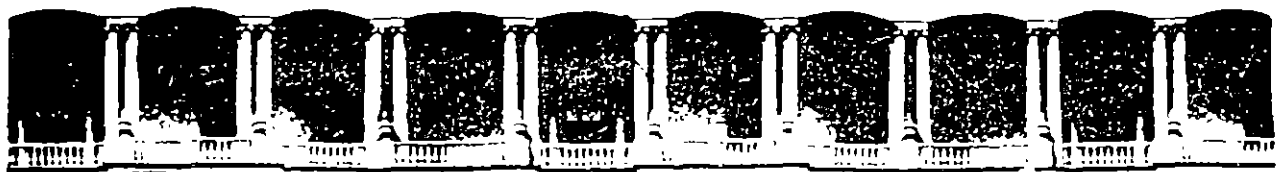
Transporte y colocación de concreto con botes de compuerta de descarga

Canalones:

Desplazamiento del concreto por gravedad de metal o revestimiento metálico. Sección transversal semi-circular de suficiente capacidad para evitar derrames.

Deben cubrirse para evitar secado excesivo por el sol o el viento. Inclinación constante y suficiente para que el concreto fluya con la consistencia prevista pero sin que propicie segregación; en general es conveniente una pendiente entre 1:2 y 1:3.

Flujo continuo del concreto ayuda a prevenir la segregación y en el extremo del canalón se requiere de un control que evite esta segregación.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

TEMA : MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

1996

" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

D E L

CENTRO TECNICO DEL CONCRETO

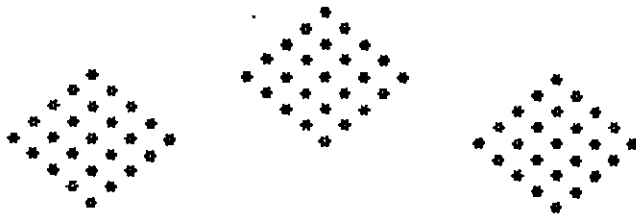
D E L

GRUPO - TOLTECA

SECCIÓN 1: GUIA DEL CONTROL DE CALIDAD .

SECCIÓN 2: LISTA DE VERIFICACION DE CONTROL
DE CALIDAD.

SECCIÓN 3: LISTA DE VERIFICACION DE LAS INSTALACIONES
DE PRODUCCION DE CONCRETO PREMEZCLADO.



" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

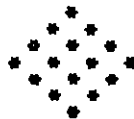
D E L

CENTRO TECNICO DEL CONCRETO

D E L

G R U P O - T O L T E C A

SECCIÓN 1 GUIA DEL CONTROL DE CALIDAD.



GUIA DEL CONTROL DE CALIDAD

CONTENIDO

- 1.0 INTRODUCCIÓN.
- 2.0 POLÍTICAS BÁSICAS DE LA COMPAÑÍA.
 - 2.1 Metas de la calidad.
 - 2.2 Políticas con el personal.
 - 2.3 Selección y mantenimiento del equipo de la planta.
 - 2.4 Selección de materiales.
 - 2.5 Posición del Departamento de Control de Calidad dentro de la organización de la Compañía.
- 3.0 ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES DEL CONTROL DE CALIDAD.
- 4.0 ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE LA CALIDAD Y SU PERSONAL DE MANDO.
 - 4.1 Unidad básica de servicio.
 - 4.2 Laboratorio central.
 - 4.3 Gerente Técnico.
- 5.0 EQUIPO Y NORMAS DE PRUEBA.
 - 5.1 Funciones básicas para el Control de Calidad.
 - 5.1.1 Pruebas de concreto.
 - 5.1.2 Pruebas de agregados.
 - 5.2 Capacidad para realizar pruebas más avanzadas.
 - 5.2.1 Pruebas de concreto.
 - 5.2.2 Pruebas de agregados.
 - 5.2.3 Pruebas de cemento.
 - 5.2.4 Pruebas de aditivos.
 - 5.3 Control de Calidad en las operaciones de laboratorio.
 - 5.4 Evaluación y Acreditamiento del laboratorio.
- 6.0 COMUNICACIONES.
- 7.0 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.

8.0 ACTIVIDADES PROMOCIONALES.

- 8.1 Promoción de los aspectos técnicos en los negocios de la compañía.
- 8.2 Promoción de buenas prácticas en el manejo y pruebas de concreto.
- 8.3 Promoción de usos del concreto y objetividad en las especificaciones del concreto.

9.0 REPRESENTACIÓN DE LA COMPAÑÍA EN GRUPOS INDUSTRIALES Y PROFESIONALES.

- APÉNDICE A : COMUNICACIÓN DURANTE EL AVANCE DE UNA OBRA.
- APÉNDICE B - 1: TEMAS PARA LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.
- APÉNDICE B - 2: INFORMACIÓN SOBRE MATERIAL DE APOYO A LA CAPACITACIÓN.

GUIA DEL CONTROL DE CALIDAD

1.0 INTRODUCCION

En esta época de gran demanda de calidad y dependencia cada vez mayor de la Ingeniería de Materiales e Ingeniería de Sistemas por una parte y por la otra la definición de la responsabilidad que tiene un fabricante en la calidad del producto, los sistemas de aseguramiento de la calidad adecuados y bien estructurados se han convertido en es trategias competitivas para hacer negociaciones en muchas industrias como por ejemplo, la del concreto premezclado, ya que el concreto pre mezclado involucra un número de factores muy singulares que requie- ren atención, como son:

- 1) El concreto premezclado es un material procesado para la construcción de elementos estructurales de concreto endu- recido, por lo que al momento de ser entregado es un mate- rial que no ha sido terminado.
- 2) La calidad y uniformidad del concreto varían a causa de - un gran número de factores. Algunos son rápidamente iden- tificados y controlados; otros, no son fácilmente detecta- bles.
- 3) La calidad del producto terminado se ve afectada por va- rios factores en las diferentes fases del proceso: selec- ción y variabilidad de los ingredientes, sus proporcio- nes, el esmero o cuidado que se tuvo para combinarlos y - condiciones relativas a su transporte, colocación y pro- tección o curado.
- 4) Bajo el punto de vista de "su venta", el producto es pere- cadero y no conservará el estado plástico o no endureci- do más allá de un tiempo limitado, el cual depende de mu- chas circunstancias.
- 5) ~~La característica que usualmente define su calidad: la re-~~ sistencia a la compresión, no puede ser verificada en el momento de su venta en contraste con otros materiales como el acero, la madera y materiales de albañilería que pueden probarse antes de ser usados. Únicamente los ingredientes del concreto pueden probarse con anticipación.
- 6) El producto está sujeto a frecuentes pruebas por otras per- sonas. Negligencia en el uso de los métodos estandar de - prueba o interpretación parcial o aislada de los resulta- dos, ocasiona malas interpretaciones sobre la verdadera ca- lidad del producto.

- 7) La industria del concreto premezclado, en contraste con otras industrias, se ve obligada a modificar y ajustar su producto a un gran número de variables en respuesta a las necesidades reales o que se perciben en los diferentes usos del concreto en un proyecto para hacer uso eficiente de los materiales locales disponibles.

En resumen, la problemática de preparar un producto de calidad, y habiéndolo reconocido y certificado como tal, enfrenta al productor de concreto delante de una no muy clara decisión: emplear un factor de seguridad alto para la resistencia del concreto, y confiar en su buena suerte; o comprometerse a un esfuerzo bien organizado de control de calidad.

Esta Guía y las otras publicaciones de la serie "Control de Calidad" del Centro Técnico del Concreto (CTC), serán de ayuda si se elige la última opción.

2.0 POLITICAS BASICAS DE LA COMPAÑIA.

Entre las amplias decisiones que se toman dentro de una compañía que afectan a la calidad, el establecimiento de parte de ellas, como pueden ser la contratación del personal de control de calidad, la compra de equipo de laboratorio necesario y la implantación de un programa de muestreo y prueba no aseguran necesariamente la producción de concreto de calidad. Estos esfuerzos sólo servirán para informar a la gerencia sobre las fallas en la operación de la compañía y en la producción del concreto; se necesitan otras decisiones para hacer que la organización del control de calidad sea una inversión redituable.

2.1 Metas de Calidad.

Estas incluyen un compromiso de la gerencia para alcanzar un nivel deseado en la calidad del producto; aparte de la selección de los contenidos de cemento para las varias clases de resistencias de los concretos, el proceso en la toma de decisiones cubre otros asuntos importantes, tales como la voluntad de mantener la calidad del producto, independientemente de las presiones de la competencia. Otras consideraciones menos importantes pero necesarias serían como por ejemplo, establecer políticas apropiadas para el reuso del concreto devuelto.

2.2 Políticas con el personal.

La selección de personal calificado para la operación de planta y camiones revolvedora es un importante soporte para la producción de concreto de calidad confiable. Los superintendentes de planta y pesadores deben de ser capaces de operar con un mínimo de quivocaciones, independientemente de las presiones externas, y deberán tener los suficientes recursos y capacidades para comprender los efectos de varios factores en la calidad del concreto y tomar las decisiones correctas en situaciones conflictivas. Particularmente cuando se trabaja en operaciones de "mezcla en tránsito", se requiere que los operadores de los camiones revolvedora tengan un alto sentido de responsabilidad y conciencia de la calidad del concreto. Lo anterior es debido a que su trabajo es transformar la masa de materiales dosificados y colocados dentro de sus unidades en una buena mezcla de concreto y usar su buen juicio en los ajustes al revenimiento para cumplir con las especificaciones de la obra. En la obra ellos protegen los intereses de la compañía mediante el registro cuidadoso de las adiciones de agua u otros materiales al concreto, y anotando cualquier práctica indebida que observen en la elaboración y manejo de los especímenes de prueba. Este personal debe ser motivado a participar en sesiones de capacitación y seminarios dedicados a certificar formalmente sus conocimientos técnicos y mecánicos. La compañía deberá hacer las provisiones necesarias para que éstos cursos y seminarios se realicen y el personal pueda asistir.

2.3 Selección y mantenimiento del equipo de la planta.

La inversión en equipo confiable para la planta, incluyendo los camiones revolvedora y programas apropiados de reemplazo, tiene una influencia importante en la capacidad de una operación para producir concreto de calidad en forma consistente. La decisión por parte de la alta gerencia de efectuar una alta inversión inicial, se pagará a largo plazo si ayuda a reducir o eliminar la frecuencia de fallas costosas en el producto. Por ejemplo, los controles de corte automático para el pesado del cemento, pueden eliminar mucho del riesgo de cargas equivocadas debido a errores del pesador; o la separación física completa de los almacenes de diferentes tipos de cemento evitarán errores accidentales en el almacenamiento, potencialmente desastrosos en el concreto

2.4 Selección de materiales.

La selección de materiales del concreto estrictamente sobre la base de precio y sin considerar su calidad, puede ser contraproducente, obligando además al personal de control de ca

lidad a emplear tiempo adicional en los esfuerzos para analizar las causas de fallas o variables en la calidad del concreto. -- Por ejemplo, un cemento de baja calidad puede eventualmente producir grandes variaciones en las resistencias del concreto; o un agregado fino sujeto a cambios erráticos en finura, puede causar inexplicables fluctuaciones en la resistencia. La ausencia del personal de control de calidad por su ocupación en la atención de reclamaciones críticas, va a repercutir en descuidos de sus ocupaciones regulares en la organización de control de calidad.

2.5 Posición del Departamento de Control de Calidad dentro de la organización de la compañía.

En una compañía que funciona bien, la persona encargada del control de calidad depende directamente del Gerente de la compañía o división de la cual es parte; él lleva a la práctica las decisiones de la Gerencia en lo que respecta a nivel de calidad del producto; usualmente reporta a la semana el comportamiento del producto y la producción; recomienda y supervisa la implantación exitosa de medios de mantenimiento y mejora del nivel de calidad y eficiencia en el costo de la producción. Las actividades de control de calidad son coordinadas por él con los departamentos de producción y ventas; en cambio depende de estos departamentos para información que resultará en la contribución óptima del departamento de control de calidad al logro de los objetivos de la compañía.

3.0 ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES DEL CONTROL DE CALIDAD.

El "Control de Calidad" consiste fundamentalmente en el diseño del producto y la verificación de que fué fabricado conforme a los requisitos fijados, aunque también incluye actividades indirectamente relacionadas con el mismo. Las actividades que usualmente corresponden al Control de Calidad son: muestreo, prueba del concreto y materiales para el concreto, control de la producción del concreto en la planta y en la obra, optimización de las mezclas, investigación y desarrollo, revisión de especificaciones, determinar la uniformidad de las mezclas de concreto producidas, evaluación del comportamiento del concreto y análisis y previsión de fallas. Adicionalmente, las funciones de control de calidad pueden incluir capacitación de personal, diversas actividades promocionales y representación de la compañía en Asociaciones Profesionales o Industriales. Como referencia véase la Sección 2 del Manual de Control de Calidad del C.T.C., como una detallada "lista de actividades a desarrollar".

4.0 ORGANIZACION DEL CONTROL DE CALIDAD Y SU PERSONAL DE MANDO.

4.1 Unidad básica de servicio.

Está encabezada por técnicos en control de calidad certificados. Las funciones de control de esta unidad incluyen en primer lugar el muestreo y prueba de la materia prima, del concreto y del control de la producción en la planta y en el campo. Puede representar la operación completa de control de calidad de una compañía pequeña o puede ser una de varias unidades de control en una compañía que opera muchas plantas. Algunas de sus funciones pueden ser contratadas con un laboratorio externo debidamente acreditado, por ejemplo el curado, cabeceo y prueba de los especímenes de resistencia.

4.2 Laboratorio central.

Manejado por un técnico certificado por el C.T.C. en control de calidad. El laboratorio es usualmente supervisado por un asistente del gerente de control de calidad. Tiene instalaciones y equipo para ensaye que le permite un amplio campo de pruebas de concreto y materiales en el laboratorio. Puede estar provisto con algunas o todas las instalaciones opcionales anotadas en la Sección 5.2.

4.3 Gerente Técnico.

Esta persona trabaja para aplicar las directrices gerenciales encaminadas a conseguir una calidad de producto deseable de acuerdo con el compromiso de calidad de la compañía. El establece normas de calidad para los materiales y diseña el plan de control de calidad que especifica la frecuencia y el alcance del muestreo y del ensaye. Sus labores usualmente incluyen revisión de especificaciones de proyecto y selección de mezclas para obra; proposición de diseños de mezclas especiales y otras informaciones sobre el producto para su aprobación por el director de obra en estos casos, evaluación del comportamiento del concreto, optimización del producto, ensayos para investigación y desarrollo, prevención y análisis de fallas, capacitación de personal, y los aspectos técnicos de las actividades promocionales. En operaciones pequeñas, las funciones de este puesto pueden ser manejadas por la cabeza y miembros de la organización local, asesorados por el gerente técnico de la compañía, el C.T.C. y/o laboratorios externos.

5.0 EQUIPO Y NORMAS DE PRUEBA.

5.1 Funciones básicas para el Control de Calidad.

Las prioridades de ensaye del laboratorio de un productor están precisamente encaminadas a aquellas pruebas que son las más importantes para la aceptación del producto por el cliente. Por lo tanto, las instalaciones y el equipo para el ensaye del concreto fresco y la resistencia del concreto endurecido son de primera necesidad, seguidas por algunas pruebas para medir o de terminar las propiedades significativas de los agregados y --- otros materiales que influyen en el comportamiento del concreto. A continuación se enlista el equipo básico necesario para pruebas de control de calidad. Los números entre paréntesis se refieren a los métodos de prueba aplicables de las NOM. La lista solamente incluye equipo indispensable para la elaboración de un antepresupuesto.

5.1.1 Equipo para pruebas de concreto.

1. Equipo complementario: Carretilla concretera --- (80 litros); cucharón metálico de tipo rectangular; varilla para compactación; llana metálica; cubeta de 15 litros; pala cuadrada; caja con trapos limpios; guantes de trabajo; guantes de hule (neopreno); regla de 30 cm; cinta métrica de 30 metros (para medida de dimensiones de cimbra); una lupa (10X) para inspección de concreto endurecido y observaciones del contenido de aire o agua, vacíos y otras características; tablero de triplay (para lograr una base firme para moldear los cilindros de prueba y colocar otros equipos en una base nivelada en el campo); - calculadora de bolsillo.
2. Prueba de Revenimiento (NOM C-156): Molde tronco-cónico.
3. Contenido de Aire por el Método de Presión (NOM - C-157): Existen 2 tipos de dispositivos para la medición del contenido de aire por el método de presión, equipados con sus accesorios y equipos de calibración. Los recipientes de estos aparatos -- son útiles en las pruebas de peso unitario (ver C-162). Los equipos para determinar el contenido de aire por el método de presión no se deben utilizar para concretos ligeros.

4. Peso Unitario y Rendimiento (NOM C-162 y C-73): --
Cubeta con capacidad de 15 litros; placa de enra--
se metálica de 6 mm de espesor o placa de vidrio o
acrílico de 12 mm de grueso; placa de vidrio de -
6 mm de espesor para calibración, y grasa de cha--
sis o bomba de agua. Báscula de plataforma con ca--
pacidad suficiente para el rango de peso esperado
del concreto y el tamaño de la olla.
5. Temperatura del Concreto: Es aconsejable adqui--
rir un termómetro bi--
metálico de vástago, de primera calidad (con cará--
tula de 5 cm de diámetro y vástago sensible de ---
20 cm de longitud; rango de -10 a 110°C). Termó--
metro de cristal preciso para uso en el laborato--
rio y para calibración de los termómetros bimeta--
licos de campo.
6. Moldes Verticales para la elaboración de Especíme--
nes Cilíndricos de Concreto para Pruebas (NOM C--
281): Pueden ser de lámina metálica, plástico, --
productos de papel adecuadamente tratados y otros
materiales.

Moldes metálicos reusables. De todos los tipos de
molde, son los que dan mayor resistencia en el ci--
lindro de concreto. Ocasionan un costo adicional
de mano de obra por las acciones de limpieza, im--
permeabilidad y re-ensamblado. Su uso se requiere
cuando se ensaya concreto de alta resistencia - -
(420 kg/cm² o más). Son útiles para pruebas acele--
radas si se les adaptan tapaderas metálicas (NOM
C-290)

7. Ensayo de Tensión por Flexión (C-160, C-159, C-191):
Moldes para vigas, usualmente de 15 x 15 con lon--
gitud de 50 cm como mínimo. Tómese en cuenta la -
facilidad del manejo (ligereza), la facilidad de -
limpieza y ensamblado cuando se elijan estos mol--
des. Si se hace un gran número de estas pruebas,-
úse un vibrador de 25 mm máximo de diámetro y --
9000 vibraciones por minuto como mínimo para la --
compactación de concreto de bajo revenimiento. Es-
te vibrador puede requerir un generador portátil -
si se usa lejos de alguna fuente de energía. Pla-
na de madera para el acabado de la superficie de -
la viga.

8. Instalaciones de curado (NOM C-159 y NOM C-160):

Para pruebas de resistencia en un laboratorio -- con bajo volumen de trabajo. Usese una piletta de curado con agua saturada de cal y con un bulbo de termómetro inmerso en el agua, para controlar la temperatura a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Salvo que la piletta se encuentre en un ambiente de temperatura controlada, deberá contar con un equipo automático de ajuste de temperatura con elementos calentadores o enfriadores. Téngase evidencia escrita que demuestre que la temperatura del agua se mantiene en estos límites.

Para pruebas de resistencia en un laboratorio -- con alto volumen de trabajo. Cuarto de curado -- capaz de mantener húmedas las superficies de los especímenes a temperatura controlada de $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Esta condición puede obtenerse por varios sistemas incluyendo la combinación de un humidificador y -- equipo de aire acondicionado que caliente y enfríe. También puede usarse una unidad calefactora de corriente alterna más utilización de agua con aire -- comprimido, usando el aire del compresor de la -- planta y agua de alguna fuente disponible.

Para pruebas de Tensión por Flexión. Piletta de curado con agua saturada de cal para curar por lo menos 20 horas antes del ensaye. Nótese que sin esta fase de curado final a las vigas y el ensaye inmediato después de retirarlas del agua, se pueden registrar resultados 10% más bajos.

9. Cabeceo de cilindros (NOM C-109): El método más -- práctico y económico es utilizando compuesto de cabeceo de azufre. Este método requiere el uso de los siguientes equipos:

Platos para cabeceo de los especímenes. Deben ser fabricados a partir de placas de acero maquinadas; de 13 mm de espesor mínimo. No se deben usar placas con anillos soldados ya que se deforman con el calor del compuesto de cabeceo, causando -- convexidad en la superficie cabeceada y por lo tanto, resultados de resistencia bajos.

Jarra para fundir el compuesto de azufre. Su tamaño dependerá de la cantidad de especímenes a ensayar. Se deben seleccionar jarras que tengan las paredes más gruesas, compatibles con su facilidad

de manejo, ya que si se utilizan jarras de paredes delgadas, éstas rápidamente se picarán.

Compuesto de cabeceo. Usualmente es un mortero de azufre que se forma mezclando el azufre con cenizas o polvos de sílice, puzolanas, etc., mezclados en una relación que garantice su resistencia. La resistencia de este compuesto deberá verificarse sistemáticamente por medio de cubos de 5 cm de lado, preparados de acuerdo a la Norma NOM C-109. Límitese el reuso del material recuperado cuando éste ya no cumpla con la resistencia. En los laboratorios que sea necesario, se debe contar con campana de extracción para eliminar los gases del azufre.

10. Máquina de prueba (NOM C-83): Debe ser accionada por energía eléctrica para poder controlar la velocidad de carga conforme a la Norma NOM C-83 y de mayor capacidad que las cargas que se espere tener. Por lo tanto, las máquinas de operación manual que existan en nuestros laboratorios, deben ser modificadas para que cuenten con un dispositivo que permita cumplir con lo indicado en la Norma mencionada. Si se pretende ensayar diferentes tipos de producto, es conveniente que la máquina cuente con más de un rango de carga para proporcionar la exactitud solicitada; así también, con los accesorios especiales para las pruebas diferentes a la de compresión de especímenes cilíndricos de 15 x 30 cm.
11. Prueba de Martillos de Rebote (NOM C-192): Existen diversos tipos y tamaños en martillos de rebote y son útiles para determinar la calidad del concreto endurecido, en forma comparativa con elementos estructurales similares que se sabe de buena calidad.

5.1.2 Equipo para pruebas de agregados.

1 Humedad de los agregados:

Contenido total de humedad por medio del secado (NOM C-166). Horno de secado o placa de calentamiento (110° C); charolas para el secado (su tamaño dependerá del tamaño requerido de la muestra). La información de la absorción se requiere para determinar la condición de los agregados.

Picnómetro o Frasco Chapman (NOM C-245). El frasco Chapman o algún otro graduado o picnómetro; báscula. Para la determinación de la humedad superficial en la arena se requerirá información de la densidad de los agregados, para mayor precisión de la prueba.

Determinación rápida de la humedad. Recipiente -- de metal en forma de botella con un manómetro calibrado para medir la humedad directamente y accesorios para la prueba. La lectura de la humedad se obtendrá en un manómetro que mide la presión generada por el gas producido por la humedad libre del agregado, que reacciona con el polvo de carbonato de calcio que también se coloca dentro del recipiente presurizado.

2. Granulometría de la Arena (NOM C-77): Un cuarteador de tamaño apropiado; placas de calentamiento u horno para secado (100° C); báscula, agitador mecánico para las mallas, con movimiento horizontal y vertical; juego de mallas de 20 cm de diámetro con mallas de los siguientes tamaños: 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 y su charola y tapadera.
3. Granulometría de los Agregados Gruesos (NOM C-77): Cuarteador del tamaño apropiado o medios para cuarteo a mano de las muestras; equipo para secado a 100° C (no obligatorio para pruebas de control rápido); agitador mecánico de las mallas; conjunto de mallas para los agregados gruesos más frecuentemente usados, generalmente de los tamaños: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4 y No. 8.
4. Otras pruebas básicas de los Agregados.

Materiales más finos que la malla 200 (NOM C-84).

Mallas para agregados finos No. 16 y No. 200; horno para secado (100° C); envase o recipiente para el lavado de los agregados, báscula.

Peso Específico y Absorción de los Agregados Gruesos NOM (C-164). Canasta de alambre; báscula; horno para secado o placa calentadora (100° C); dispositivo para suspender la canasta de alambre den---

tro del agua; una caja con trapos limpios o toallas.

Peso Unitario y Contenido de Vacíos en el Agregado (NOM C-73). Cubeta para el peso unitario, de 15 litros; báscula de plataforma con capacidad de 120 kg; horno para secado (110° C); termómetro; una placa de vidrio o material transparente de mayor dimensión que la cubeta, (los últimos dos elementos se requieren para la calibración de la cubeta del peso unitario).

NOTA: La prueba del Peso Específico del Agregado Fino (NOM C-165) requiere destreza de operación y no es realizada frecuentemente en depósitos de agregados que muestren un peso específico más o menos uniforme. Por lo tanto se encuentra fuera de esta lista. Si se requiere la prueba por alguna razón, hágase con mucho cuidado.

5.2 Para tener capacidad de realizar pruebas más avanzadas.

5.2.1 Equipo para pruebas de concreto.

1. Ensayes para Mezclas de Prueba (NOM C-159): Revolvedora de laboratorio (del tipo de tambor giratorio) con capacidad para mezclar concreto suficiente para la elaboración de por lo menos seis cilindros de 15 x 30 cm, obtención del revenimiento, determinación del aire, y del rendimiento y peso unitario. Charolas para manejar los diferentes tamaños de agregados o diferentes tipos de agregados. Equipos para la saturación del agregado grueso. Un clasificador de agregados de tamaño adecuado para separar apropiadamente y recombinar los diferentes tamaños de agregados en pruebas comparativas para observar los efectos variables en las mezclas tanto en su resistencia y otras propiedades del concreto. Báscula preferentemente del tipo de carátula. Pipetas y probetas para medición apropiadas de aditivo a colocar. Manuales de operación de laboratorio para la preparación uniforme y consistente de las mezclas de prueba.
2. Ensaye del Tiempo de Fraguado del Concreto (NOM C-177): Aparato para medir la resistencia a la penetración. Recipientes cilíndricos o cúbicos de 15 x 15 x 15 cm mínimo; pipetas. Con este método se determinarán los efectos de la velo

cidad de endurecimiento del concreto de variables --tales como diferentes tipos o marcas de cementos, --aditivos, proporcionamientos de mezcla y temperaturas de concreto.

3. Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral - (NOM C-163): Placas complementarias, para la máquina de ensaye, dispositivos especiales de alineamiento de los cilindros y las soleiras de apoyo. Esta prueba se usa para la determinación de los coeficientes de diseño aplicables para varios agregados ligeros y mezclas de concreto ligero. También se usa para la evaluación de la resistencia a la flexión del concreto en el sitio una vez que se ha establecido una correlación de resistencia, aunque no esté calificada como prueba de aceptación.
4. Ensaye de Corazones (NOM C-169): Máquina para extracción de corazones. Brocas de diferentes diámetros de corazones. Generador portátil, cuando no se disponga de corriente. Sierra para corte de concreto para la preparación de las cabezas de los corazones. Dispositivos para el cabeceo de corazones de concreto de menos de 15 cm de diámetro.
5. Ensaye de Resistencia a la Penetración (NOM C-301): Pistola de Windsor. Medirá la resistencia del concreto a la penetración de un proyectil de acero impulsado por una carga medida de pólvora. Usualmente se considera un indicador más confiable que el esclerómetro para medir la resistencia del concreto en el sitio.
6. Exámenes Petrográficos (ASTM C-856): Lupa de 10X de amplificación. Microscopio estereoscópico de 70X de amplificación. Sierra de disco. Equipo para el tallado. Piedras abrasivas de diferentes finuras. Resina o cera para impregnar la superficie que será pulida. Placa calentadora u horno para el secado y el impregnado de los especímenes. Los defectos básicos en el concreto endurecido (excesivo contenido de aire, excesivos huecos de agua) pueden ser rápidamente identificados con este equipo. El laboratorio Central de la División Cemento puede ayudar en este tipo de exámenes.

Para exámenes más detallados recórrase a los servicios de un petrógrafo y equipo especializado.

Para información adicional véase la ASTM C-856.

5.2.2 Equipo para pruebas de agregados.

1. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino -----
(NOM C-165): Balanza de capacidad mínima de 1 Kg, sensibilidad de 0.1 g y precisión del 0.1 % del peso de la muestra; picnómetro con exactitud de ± 0.1 cm³; molde metálico de forma tronco-cónica; pisón de metal.
2. Método para la determinación del "valor equivalente de arena" en suelos y agregado fino (ASTM D-2419):
Verifíquese en el método de prueba ASTM para -- los requerimientos de equipo. Este método mide la cantidad de limos y arcilla en los agregados finos.
3. Impurezas orgánicas (NOM C-88): Botellas de cristal - graduadas; solución - de hidróxido de sodio; solución estándar para el - color de referencia (dicromato de potasio disuelto en ácido sulfúrico) o placas con los colores de referencia.
4. Prueba para Abrasión de agregado grueso, usando la máquina de Los Angeles (NOM C-196 y NOM C-219): --
Máquina de Los Angeles; carga abrasiva. Medirá - la abrasión de los agregados gruesos por el impac- to de la carga abrasiva.

5.2.3 Equipo para pruebas de cemento.

La prueba del cemento es aconsejable si se experimentan fluctuaciones en la resistencia del concreto que no tienen causas asignables a las propiedades del concreto o los otros componentes. Con un gasto moderado en mano de obra y equipo, puede obtenerse información básica del comportamiento del cemento, incluyendo resistencia a la compresión en cubos de mortero, tiempo de fraguado, falso fraguado o fraguado instantáneo y demanda de agua. Nótese que el equipo para la prueba a la compresión de los cubos de cemento también es útil para determinar la uniformidad y la contribución de resistencia de alguna ceniza volante, puzolanas o algún residuo de incineración; para resistencia de compresión del compuesto de cabeceo, y el efecto de la resistencia del mortero cuando se usa en las mezclas agua no potable, agua reciclada de lavado, o agregado fino --

con materias orgánicas.

La confiabilidad de los resultados de las pruebas es medida por medio de pruebas duplicadas y programas de pruebas entre laboratorios para verificar si se cumple con el estado de precisión aplicable al método específico de prueba. Es esencial para el éxito de un programa de pruebas de un cemento que el muestreo se haga en estricto cumplimiento con las normas aplicables (NOM C-130 , ASTM C-917) y que sean manejadas por personal responsable.

La lista siguiente es del equipo básico requerido para varias pruebas de cemento.

1. Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento (NOM C-61): Moldes de cubos de 5 cm; arena graduada de Ottawa (ASTM C-778); batidora de 4.73 lt (C-85); vasos graduados; escala; pison; paleta; mesa de fluidez; molde de fluidez y calibrador (ASTM C-230); cámara húmeda o cuarto de curado; máquina de prueba con rango de carga de 0 a 20,000 kg, con dispositivo para pruebas de cubos de 5 cm. Nótese que la prueba de fluidez es necesaria para las pruebas de cementos combinados (blended cements; ASTM C-595). El rango de la fluidez de los cementos portland es un indicador del requerimiento de agua del cemento.
2. Tiempo de fraguado por medio de la Aguja de Vicat - NOM C-59): Aparato de Vicat con barra de 300 g de peso con aguja de acero de 1mm de diámetro; vasos graduados; escala graduada; molde troncocónico; placa de vidrio; batidora (C-85). El fraguado inicial se obtiene cuando la aguja penetra 25 mm dentro de la muestra de la pasta de cemento, la cual tiene un espesor de 40 mm. El fraguado final ocurre cuando no se observa hundimiento de la aguja dentro de la muestra.
3. Consistencia Normal (NOM C-57): Aparato de Vicat con una barra de 300 g que tenga un extremo de 10 mm de diámetro; molde anular troncocónico; vasos graduados; básculas; batidora (C-85) y placa no absorbente. La determinación de la consistencia normal suministra información relacionada con la cantidad de agua de mezclado que debe ser usada para las pruebas de tiempo de fraguado por medio de las agujas de Vicat. La consistencia normal de una pasta de cemen

to se obtiene con la cantidad de agua de mezclado - que cause que el émbolo se asiente en un punto de - 10 ± 1 mm abajo de la superficie en 30 segundos --- después de soltar la barra. La prueba suministra - información complementaria sobre el agua de mezclado requerida por el cemento en el concreto.

4. Fraguado falso del cemento portland (Método del mortero; ASTM C-359): Aparato de Vicat modificado, -- con una barra de 400 g de peso, que tenga uno de sus extremos de 10 mm de diámetro; recipientes de 50 x 50 x 150 mm para contener las - muestras de mortero; arena graduada de Ottawa y arena de Ottawa estándar 20/30 (ASTM C-778); probetas graduadas; balanza; batidora (NOM C-85); cronómetro. La penetración de la barra se mide inicialmente, a 5 minutos, a 8 minutos, a 11 minutos y después de - remezclar el mortero. Si la penetración después -- del remezclado es apreciablemente mayor que las penetraciones anteriores, el cemento puede tener tendencia al falso fraguado.

5. Fraguado falso del cemento portland (Método de la - pasta; NOM C-132). Aparato de Vicat (NOM C-57); probetas graduadas; báscula; batidora (NOM C-85); molde troncocónico; placa no absorbente; cronómetro. Se miden la penetración inicial, la final a 5 minutos y la de después del re- mezclado. Si la penetración final es menor que la penetración inicial en más del 50%, el cemento tiene falso fraguado.

Nota: Un cemento con características de severo fraguado falso, puede afectar adversamente el - comportamiento del concreto a un grado mayor que el que normalmente es supuesto. Aún después del mez- clado a través de la fase del endurecimiento, pre- matura y la restitución de la plasticidad del concreto, puede exhibir sangrado anormal, poca trabajabilidad, resistencias erráticas y contenidos de aire variables si el concreto es con aire incluido. Un alto grado de variabilidad de revoltura a revoltura también ha sido observada cuando se usa un ce- mento con fraguado falso en las revolturas de prue- ba de concreto en el laboratorio.

Otras pruebas físicas en cementos pueden ser úti- les, incluyendo pruebas de finura o de pérdida por calcinación. Estas pruebas requieren de equipo -- más sofisticado y destreza por parte del operador

para realizar las pruebas conforme a normas. Sin embargo, en el laboratorio Central de la División - Cemento o en los laboratorios de control de calidad de las plantas productoras de cemento se puede tener ayuda para realizar estas pruebas. Véase los métodos de prueba como se describen en la parte 04.01 de la ASTM.

5.2.4 Equipo para pruebas de aditivos.

El cumplimiento de los aditivos para concreto, aditivos químicos o minerales (puzolánicos), normalmente es evaluado por medio de mezclas de prueba en las cuales las características del aditivo para concreto son comparadas con aquellas del concreto simple de referencia y de concretos con otros aditivos. El equipo para estas pruebas está enlistado en el párrafo 5.2.1 Equipo para Pruebas de Concreto. A través de verificaciones sistemáticas, el procedimiento es aplicado a nuevas entregas de materiales, a nuevas combinaciones de aditivos y en aditivos almacenados por sospechar comportamiento anormal en el campo.

1. Aditivos Líquidos (NOM C-280 y C-255): Debido a un proceso de manufactura altamente controlada, muestran buena uniformidad de lote a lote. Un almacenamiento prolongado puede causar una sedimentación de sólidos. La homogeneidad puede generalmente ser restituida por medio de agitación mecánica y puede ser determinada por la medida de su densidad con un hidrómetro para líquidos más pesados que el agua. (Nota: el remezclado nunca deberá hacerse por medio de aire comprimido. El dióxido de carbono del aire puede cambiar el Ph y desestabilizar químicamente al aditivo).
2. Aditivos Minerales - Escoria: Cuando es empleada en combinación con cemento portland en cantidades aceptables, la escoria de alto horno molida es capaz de contribuciones substanciales a la resistencia del concreto. Su actividad puzolánica se cataloga por diferentes grados como se define en la especificación ASTM C-989. Generalmente la contribución de la escoria a la resistencia aumenta con su finura de molienda y su contenido de sílice amorfo (vidrio). Debido a la uniformidad de la escoria de una fuente de abastecimiento dado, el control de las pruebas puede -

no ser necesario o solamente a intervalos considerables. El método más práctico para probar la calidad y uniformidad de la escoria es la prueba de resistencia en cubos de mortero de 5 cm por lado, de acuerdo con una modificación de la NCM C-61 para prueba de resistencia de mortero con cemento portland. El procedimiento está descrito en la norma - ASTM C-989.

5.3 Control de Calidad en las operaciones del laboratorio.

Una operación de control de calidad representa una buena inversión solamente si produce información confiable. Los resultados de pruebas erróneas pueden producir un falso sentido de seguridad o provocar una acción inapropiada en el momento, lo que va en detrimento del negocio del productor. Los errores en las pruebas son el resultado de procedimientos incorrectos en las pruebas, equivocaciones en el procesamiento de las muestras y de los especímenes, o de equipo fuera de calibración. Las siguientes medidas tomadas a intervalos regulares ayudarán a controlar estas causas potenciales de errores en las pruebas.

1. El personal de mando del departamento de Control de Calidad es examinado en su capacidad sobre los procedimientos de pruebas. Los resultados deben registrarse. La certificación técnica la dará la Dirección Técnica de la División Concreto.
2. La verificación de que el personal de mando del departamento de Control de Calidad es conocedor de los límites de la calidad, sabe las acciones apropiadas a tomar cuando ocurren las fallas.
3. ~~Verifiquen la correcta identificación y procesado de los especímenes y registro de los resultados.~~
4. Evalúe la uniformidad mediante la desviación estándar de pruebas y la uniformidad de pruebas duplicadas de la misma muestra.
5. La confiabilidad de los resultados de pruebas de resistencia del concreto es evaluada a través de las pruebas de comparación de las mismas muestras con un laboratorio externo de prestigio.
6. El equipo debe ser calibrado. Los materiales auxiliares de prueba (compuesto para cabeceo; moldes de cilindros; arena de Ottawa, etc.) son verificados en su cumplimiento, con métodos de prueba debidamente estandarizados.

Se debe tener un manual de calibración del laboratorio en el cual se programen las calibraciones y se registren los resultados de calibración, ajustes y acciones correctivas efectuadas.

5.4 Evaluación y Acreditamiento del Laboratorio.

Cuando la inspección interna de un laboratorio del productor indica resultados satisfactorios, se deberán buscar organismos externos que certifiquen la calidad del laboratorio para darlo a conocer a los clientes.

Lo anterior se puede conseguir por medio de inspecciones periódicas de AMIC en cuanto a la instalación y equipo, y en cuanto al acreditamiento, a través del SINALP.

1. Inspección de AMIC. Los representantes de AMIC determinarán la calibración necesaria de los equipos de prueba siguientes: máquinas de ensaye, termómetros, básculas y manómetros, y deberá documentar los resultados en un reporte con los requisitos que establece el SINALP.
2. Acreditamiento ante el SINALP. La capacidad de un laboratorio en las pruebas más importantes de concreto en el campo, puede ser certificada a través del acreditamiento hecho por el SINALP. El acreditamiento es dado completando satisfactoriamente un proceso, el cual abarca la aceptación de una solicitud y pago de cuotas, seguido de una visita al laboratorio, pruebas de eficiencia, observaciones sobre deficiencias, evaluación técnica y revisión administrativa. Las visitas a los laboratorios son realizadas por el normalizador del SINALP después de la visita de calibración de la AMIC.

De manera más importante, el acreditamiento confiere un grado de reconocimiento notorio de la habilidad del laboratorio en las pruebas del concreto. Un laboratorio puede hacer pública su calidad de acreditado y hacer uso del logotipo del SINALP en sus reportes de prueba, permanentemente y en sus publicaciones de negocios y comerciales. La información sobre el proceso de acreditamiento está resumida en el manual para Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas de Concreto del SINALP, el cual se obtiene escribiendo a la Dirección General de Normas o al Centro Técnico del Concreto.

6.0 COMUNICACIONES.

La utilidad del departamento de Control de Calidad depende en gran medida de la información que reciba y emita dentro de la organización.

En el Apéndice A se presenta un modelo el cual ilustra el flujo deseable de comunicaciones, incluyendo al departamento de Control de Calidad en varias fases de una obra.

7.0 CAPACITACION DEL PERSONAL.

El departamento de Control de Calidad suministra al productor los recursos técnicos y de enseñanza para mejorar el profesionalismo -- del resto del personal de la compañía. Un entendimiento básico de la tecnología del concreto y de las normas sobre calidad de la compañía, - alientan a que el personal se comprometa con la calidad del producto y lo conducirá hacia la toma de decisiones correctas en situaciones de -- conflicto. La capacidad del personal de control de calidad para sus -- funciones docentes se construye a través de su asistencia a seminarios y cursos, del estudio de publicaciones técnicas, y la correlación de -- la teoría con la experiencia práctica en el campo. Los apoyos en la - capacitación, ya sea preparados en la compañía u obtenidos de fuentes - externas, se usan para ayudar a mejorar las sesiones de capacitación y hacerlas interesantes. Vea el Apéndice B1 y B2 que contienen la información sobre los temas de instrucción y sobre apoyos a la capacitación. La efectividad de las sesiones de capacitación se mejora programando - cuestionarios al final de cada sesión. El hecho de que existan los -- cuestionarios hará que el auditorio esté más atento y también suministrará un medio para medir el buen resultado de los esfuerzos de la enseñanza.

8.0 ACTIVIDADES PROMOCIONALES.

El valor promocional de la operación de control de calidad de una compañía, puede ser logrado más ampliamente mediante su participación en varias actividades tales como: (1) promoción de los aspectos - técnicos en los negocios de la compañía; (2) promover el mejor manejo - del concreto de la compañía por parte del cliente y los laboratorios -

externos, y (3) promoviendo un uso más amplio del concreto entre los propietarios, calculistas y constructores.

8.1 Promoción de los aspectos técnicos en los negocios de la compañía.

- Presentación a los clientes de los registros del comportamiento del concreto en obras de importancia o de proyectos especiales incluyendo resultados a edades tempranas, dignos de confianza (tal como se requiera en las construcciones de gran altura).
- Demostración del alcance y calificación de la organización del control de calidad de la compañía, incluyendo referencias de su participación en la inspección y en programas de normalización y acreditamiento en organismos externos a la compañía (IMCYC, AMIC, SINALP, Comités de Normalización, etc.).
- Mostrar documentación sobre las rutinas de inspección a plantas y revolvedoras y aún la certificación de plantas, si es posible.
- Auxiliar a clientes para mejorar la eficiencia y la calidad de la colocación y acabado del concreto.
- Distribución de literatura técnica incluyendo la Guía del Consumidor, folletos de la AMIC y otros folletos que haya hecho la compañía y que sean aplicables a varias condiciones de la obra.

8.2 Promoción de buenas prácticas en el manejo y pruebas de concreto.

- En colaboración con otros productores de concreto, y con asistencia de organizaciones externas programar seminarios para constructores locales y contratistas, en los cuales deben ser explicados los fundamentos de la calidad del concreto y las prácticas apropiadas para obtener concreto resistente, durable y sin grietas. Aspectos adecuados incluyen: control del contenido de agua de mezclado; importancia del aire incluido; cuidados en clima frío o caluroso; precauciones para evitar el agrietamiento en el concreto de pisos y losas con el diseño correcto de las juntas; y los beneficios del curado apropiado del concreto.
- Demostración de acabados, enfatizando la importancia

de la sincronización correcta en las operaciones de acabado.

- Demostración con laboratorios locales de verificación de la calidad, de prácticas correctas de prueba y discusión de los efectos adversos de varias malas prácticas de pruebas.

8.3 Promoción de usos del concreto y objetividad en las especificaciones del concreto.

- Con el respaldo de ingenieros de las asociaciones industriales en presentaciones dirigidas a propietarios, calculistas y constructores, explicar las ventajas del empleo del concreto en varias condiciones como por ejemplo: construcciones inclinadas; pavimentación en calles y lotes de estacionamiento; el valor del aislamiento térmico debido al factor de masa del concreto.
- Organizar presentaciones patrocinadas por los productores de aditivos sobre innovaciones en el uso de varios aditivos químicos y minerales, así como los beneficios que aportan sus características en el manejo y comportamiento del concreto en clima caliente (por medio de aditivos retardantes y por el empleo de puzolanas), y en la durabilidad del concreto.
- Programar mesas de discusión para promover la objetividad en la interpretación de las especificaciones del concreto, incluyendo el empleo efectivo de materiales locales; necesidad de tolerancias apropiadas en resistencia, revenimiento y aire incluido; reducción de las variables propias del concreto hecho en obra, cuando se usa concreto elaborado en planta con un sistema de control de calidad; limitaciones en el concepto de la relación agua/cemento, en el diseño de la mezcla y en el control de campo del concreto; y la forma correcta de efectuar el muestreo y prueba del concreto.
- Sugerir la sistematización de prácticas para ordenar concreto, lo cual ayudará a que ese concreto de nivel de calidad apropiado, sea suministrado para usos típicos locales en construcciones comerciales o residenciales.

9.0

REPRESENTACION DE LA COMPANIA EN GRUPOS INDUSTRIALES, PROFESIONALES Y DE NORMALIZACION.

- Comités Técnicos Industriales:

La participación en ellos aportan esfuerzos para mejorar -- los estándares de la industria y de las especificaciones -- técnicas sobre concreto, incluyendo aquellas de organismos gubernamentales.

- Comités que elaboran especificaciones:

Estos ofrecen un foro directo para presentar el punto de -- vista de la industria sobre las normas existentes y futuras que gobiernen las especificaciones de materiales y de métodos de prueba.

- Asociaciones profesionales:

La participación de nuestro personal en éstas y la presentación de programas especiales que sirvan para mejorar la - confianza de los calculistas en el concreto como un material de construcción más versátil y seguro.

A P E N D I C E B - 2

INFORMACION SOBRE MATERIAL DE APOYO A LA CAPACITACION

- A. En México. Sólo material impreso. Pedir catálogo a:
1. Centro Técnico del Concreto, Grupo Tolteca (CTC)
Grutas No. 6 esquina Calle 4
Col. San Pedro de los Pinos
01180, México, D. F.
 2. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC)
Av. Insurgentes Sur No. 1846
Col. Florida
01030, México, D. F.
 3. Asociación Mexicana de la Industria del Concreto (AMIC)
Bivd. Adolfo López Mateos No. 1135
Col. San Pedro de los Pinos
01180, México, D. F.
 4. Apéndice A de la lista de Verificación del Control de Calidad, del Centro Técnico del Concreto, del Grupo Tolteca, Sección 2 del Manual de Control de Calidad.
- B. En E.U.A.
1. Material impreso. Pedir catálogo anual de las siguientes organizaciones:
 - a) American Concrete Institute (ACI)
P.O. Box 19150
Detroit, Michigan 48219.
 - b) Portland Cement Association (PCA)
5420 Old Orchard Road
Skokie, Illinois 60077.
 - c) National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA)
900 Spring Street
Silver Spring, Maryland 20910.
 - d) American Society for Testing and Materials (ASTM)
1916 Race Street
Philadelphia, Pennsylvania 19013.

2. Ayudas audiovisuales.

- a) Videotapes del ACI.
 - (1) Certificación de los técnicos en pruebas de campo de concreto CP 5-82.
 - (2) Certificación de los técnicos de laboratorios CP 6-82.
- b) PCA Película "Principios de la calidad del concreto" PC096.
- c) PCA Transparencias de calidad del concreto del file III SS289.
- d) Juego de transparencias de la PCA "Tips sobre las pruebas de control para la calidad del concreto" SS004.
- f) Película del ACI "Pruebas no destructivas en el concreto".

3. Publicaciones específicas sobre el tema.

- a) Serie de cartillas del concreto ACI.
- b) Boletines educacionales del ACI "Acero de refuerzo y su uso y sus beneficios en el concreto", E2-78 y "Agregados para concreto", E1-78.
- c) Serie de prácticas en el concreto de la NRMCA.
- d) Manual del Operador de Planta, NRMCA (publicación No. - 159).
- e) Manual del Operador de la Unidad Motorevolvedora, de la NRMCA (publicación No. 166).
- f) Recopilación de las normas ASTM relativas a la arena, - la grava y el concreto, de la NRMCA (publicación No. - 137).
- g) Asociación del Concreto Premezclado de Ohio, "Manual -- para Técnicos del Concreto", (P.O. Box 290057 Columbus, Ohio 43229).
- h) El Manual de Concreto de la U.S. Bureau of Reclamation, (U.S. Department of the Interior Denver Federal Centre, Colorado 80225).

" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

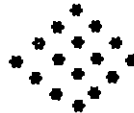
D E L

CENTRO TECNICO DEL CONCRETO

D E L

GRUPO - TOLTECA

SECCIÓN 2 LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONTROL
DE CALIDAD.



" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

SECCIÓN 2

" LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD "

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN.

1.0 DISEÑO DEL PRODUCTO.

- 1.1 Revisión de las especificaciones.
- 1.2 Selección de los proporcionamientos y otras informaciones importantes para la cotización.
- 1.3 Diseño de proporcionamientos y otras indicaciones.
- 1.4 Junta anterior al inicio de la obra.
- 1.5 Información del Producto.

2.0 CONTROL DE MATERIA PRIMA.

- 2.1 Cemento.
 - 2.1.1 Reportes de pruebas de la planta.
 - 2.1.2 Uniformidad de la resistencia del cemento.
 - 2.1.3 Muestreo del cemento.
 - 2.1.4 Pruebas del cemento.
- 2.2 Aditivos Minerales.
 - 2.2.1 Puzolanas y cenizas volantes.
 - 2.2.1.1 Análisis del proveedor.
 - 2.2.1.2 Muestreo.
 - 2.2.1.3 Pruebas.
 - 2.2.2 Escoria de acero de alto horno.
 - 2.2.2.1 Análisis del proveedor.
 - 2.2.2.2 Muestreo.
 - 2.2.2.3 Pruebas.

2.3 Agregados.

2.3.1 Agregado fino (arena).

2.3.1.1 Muestreo.

2.3.1.2 Pruebas.

2.3.2 Agregado grueso.

2.3.2.1 Muestreo.

2.3.2.2 Pruebas.

2.3.3 Agregados de peso ligero.

2.3.3.1 Muestreo.

2.3.3.2 Reportes de prueba del proveedor.

2.3.3.3 Pruebas.

2.4 Aditivos químicos.

2.4.1 Certificación del fabricante.

2.4.2 Muestreo.

2.4.3 Agente inclusor de aire.

2.4.4 Aditivos químicos.

2.4.5 Cloruro de Calcio (solución estándar).

2.5 Agua.

2.5.1 Agua de pozo. Muestreo y prueba.

2.5.2 Reuso del agua de lavado de revolventoras.

Muestreo y Prueba.

3.0 CONTROL DE OPERACIÓN DE PLANTAS.

3.1 Recepción de materiales.

3.2 Almacenamiento y manejo de materiales.

3.2.1 Cemento.

3.2.2 Puzolanas (incluyendo ceniza volante).

3.2.3 Agregados.

3.2.4 Aditivos químicos.

3.3 Pesado y dosificado.

3.3.1 Precisión en la medida.

3.3.2 Precisión en el pesado.

3.3.3 Procedimiento de pesado.

3.4 Mezcladora y control de mezclado.

3.4.1 Mezcladoras centrales.

3.4.2 Camiones mezcladores.

3.5 Control de la entrega.

3.5.1 Control de revenimiento.

3.5.2 Control del contenido de aire.

3.5.3 Control de temperatura.

3.5.4 Control de otras características del concreto.

4.0 CONTROL DEL PRODUCTO.

4.1 Pruebas de Control de Calidad del concreto.

4.1.1 Frecuencia de prueba.

4.1.2 Selección de la mezcla.

4.1.3 Lugar del muestreo.

4.1.4 Toma de la muestra.

4.1.5 Pruebas.

4.2 Control en la obra.

4.2.1 Observaciones generales.

4.2.2 Control del Rendimiento Volumétrico de concretos ligeros.

4.2.3 Resistencia a la Flexión del concreto.

4.2.4 Concreto de muy alta resistencia (más de 350 Kg/cm²).

4.2.5 Pruebas de laboratorios externos.

4.2.6 Prácticas de colocación.

4.2.7 Reportes de los Choferes.

4.2.8 Rechazo del concreto.

4.3 Procesamiento de los reportes de prueba.

4.3.1 Reportes por laboratorios externos.

4.3.2 Libreta de Resultados.

4.3.3 Comparación de laboratorios.

4.3.4 Evaluación estadística.

4.3.5 Cartas de control.

4.4 Problemas con la resistencia del concreto.

4.4.1 Verificación preliminar de la resistencia en sitio.

4.4.2 Información de antecedentes.

4.4.3 Análisis de especímenes y materiales.

4.4.4 Evaluación de la resistencia del concreto en el sitio de colado.

5.0 SERVICIO AL CLIENTE.

5.1 Manejo de reclamaciones.

5.2 Problemas de volumen.

5.3 Problemas de calidad (diferentes que los de resistencia).

APÉNDICE A LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

APÉNDICE B REVISIÓN DE ESPECIFICACIONES.

APÉNDICE C - 1 CARTA - MUESTRA PARA LOS PARTICIPANTES EN LA REUNIÓN PREVIA A LOS COLADOS.

APÉNDICE C - 2 CARTA - MUESTRA DE LA ORDEN DEL DÍA DE LA REUNIÓN PREVIA A LOS COLADOS.

INTRODUCCION

"El Control de Calidad es responsabilidad y beneficio para todos". De este modo se expresan los Gerentes de éxito en la Industria del Concreto Premezclado. Sin embargo "si ésta es responsabilidad de todos, nadie es el responsable". La lista de verificación demuestra que el Control de Calidad del concreto es un compromiso realizable y esto es en verdad casi siempre una responsabilidad de todos. Asimismo esta lista suministra las medidas que evitan los fracasos organizacionales donde parece que no hay responsables cuando se analizan las responsabilidades particulares.

Varias funciones del Control de Calidad son enlistadas y explicadas cuando es necesario y se da un formato para identificar quien es el responsable de estas funciones. Permite al Gerente identificar las partes importantes de su organización, ya sea ésta grande o pequeña, y también le da información respecto al personal o jefes responsables de la promoción y manejo de las diversas funciones del Control de Calidad. Estas personas deben ser identificadas en la columna de "Acción". También contienen una segunda columna de "Reporte" para indicar quien debe recibir el reporte de cualquier inspección o información. Siempre es una buena idea el tener cualquier tipo de registro escrito de cualquier inspección del Control de Calidad. La tercera columna de "Comentarios" suministra un espacio para breves observaciones o para el número de referencia correspondiente en una hoja en que se comente más detalladamente.

Después de anexar la información relevante de la organización, la lista de verificación estará lista para ser distribuida a todos los participantes que en su compañía hacen el esfuerzo común de Control de Calidad. Permite ver a todos el panorama completo de este compromiso y de encontrar su participación identificada para asegurar el éxito.

Las normas mencionadas en esta Lista de Verificación, son Normas - Oficiales Mexicanas (NOM) a menos que se especifique de otra manera. Se asume que los folletos de AMIC que contienen las Normas están al alcance de aquellos fundamentalmente involucrados con el Control de Calidad del concreto. Los títulos de normas NOM, otras normas de referencia y fuentes relevantes de información del Control de Calidad se muestran en la lista de literatura de referencias en el Apéndice A.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p><u>1. DISEÑO DEL PRODUCTO.</u></p> <p><u>1.1 Revisión de las especificaciones:</u></p> <p>Revisión de las especificaciones y notas estructurales de los requisitos propios de la obra. Entrevista al Director de la obra para aclarar cualquier información que provoque conflicto; intentando conocer todos los requisitos restrictivos antes de la fecha de entrega de la cotización. Obtener información del Departamento de Producción sobre las posibilidades de producción para requerimientos especiales.</p> <p>* Ver Apéndice B - Ejemplo de forma para revisión de especificaciones.</p> <p><u>1.2 Selección de los proporcionamientos y otras informaciones importantes para la cotización:</u></p> <p><u>Composición del concreto:</u> Indique los proporcionamientos propuestos; aplíquese el sobrediseño requerido para la resistencia del Reglamento o Norma seleccionada; según sea el caso, señale las restricciones a la relación agua-cemento o el contenido mínimo de cemento; criterio que regirá sobre la resistencia (NOM C-155 u otras); tipos especiales de concreto (ligero, arquitectónico, etc.); cemento, agregados o aditivos especiales. Peso unitario máximo o mínimo (para concreto ligero o concreto aislante).</p> <p><u>Pruebas:</u> Requisitos para las mezclas de prueba del Laboratorio o pruebas de verificación extras sobre el concreto y los agregados. - Problemas potenciales derivados de arreglos en las pruebas en la obra, ejemplos: muestreo y manufactura de cilindros hechos por personal del contratista. Que no se determine el revenimiento inmediatamente a la llegada a la obra.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p><u>Requisitos para la producción y la planta:</u> Certificación de la planta por el Centro Técnico del Concreto u otros; automatización; registro de pesos; velocidad mínima de producción por hora; instalaciones auxiliares de la planta.</p> <p><u>Condiciones especiales de entrega :</u> Restricciones en el tiempo de descarga; temperaturas límites en el concreto; prohibición de adición de agua al concreto en la obra.</p> <p>1.3 <u>Diseño de proporcionamientos y otras indicaciones:</u></p> <p>Dependiendo de las especificaciones y de la información disponible sobre proporcionamientos de mezclas, suministre:</p> <ul style="list-style-type: none"> -- Diseño de proporcionamientos de laboratorio independiente basado en mezclas de prueba, o — Diseño de proporcionamientos basados en experiencias de campo - (Reglamento del D.D.F., NOM C - 155), o -- Establecimiento de los proporcionamientos en la forma de diseño de mezclas de la compañía o permanentemente. <p>Suministre información de pruebas suplementarias según las especificaciones lo soliciten sobre cemento, agregados, aditivos u otras certificaciones.</p> <p>1.4 <u>Junta anterior al inicio de la obra:</u></p> <p>Deseable en obras mayores o por otras razones especiales. Determine los puntos de vista del contratista o responsable de la obra, haciendo énfasis en el control del</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>concreto. Rechace clarificando requisitos irracionales y pretenda un control efectivo derivado de las normas. Explique la importancia de la elaboración de las pruebas correctamente y el empleo de un laboratorio y personal calificado. Solicite o arregle que el proveedor de concreto sea puesto en la lista de distribución de todos los reportes de prueba del concreto.</p> <p>* Véase Apéndices C-1 y C-2 - Muestras de citatorios y de la Orden del Día, para una junta sobre concreto previa al inicio de la obra.</p> <p>1.5 <u>Información del producto:</u></p> <p>Suministre una lista de las mezclas de la obra incluyendo las tolerancias en el revenimiento y en el aire incluido. En mezclas especiales asigne un número; prepare la información sobre el peso de los materiales con anticipación a la producción de la planta.</p> <p>Obtenga información sobre la fecha de inicio de la obra. Coordine el envío de materiales especiales con las operaciones. Asegure la recepción oportuna de materiales especiales para lograr su aceptación mediante las pruebas, antes de su uso en la producción del concreto.</p>			
<p>2. <u>CONTROL DE MATERIA PRIMA.</u></p> <p>Asegúrese de recibir del proveedor reportes del control de calidad periódicamente. Establezca los programas de rutina para controlar la recepción y el envío de reportes a las oficinas.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>2.1 <u>Cemento:</u> (NOM C-1; C-2)</p> <p>2.1.1 <u>Reportes de pruebas de la Planta:</u></p> <p>Revise los cambios sucedidos con respecto a reportes anteriores - resistencia en cubos (NOM C-61); finura; composición química; % retenido en la malla No. 325; pérdida por calcinación; álcalis totales.</p> <p>* Resistencias bajas del concreto pueden ser esperadas por: baja resistencia de los cubos; menor C₃S; menor finura; mayor % retenido en la malla No. 325; mayor pérdida por calcinación. El incremento en el total de álcalis puede reducir el incremento de la resistencia después de 7 días y malograr la eficiencia en la producción de resistencia de los aditivos reductores de agua. Los álcalis arriba del 0.60% pueden también producir una expansión anormal, grietas y reventamientos superficiales si se tienen agregados reactivos en el concreto expuesto a condiciones de servicio húmedas.</p> <p>2.1.2 <u>Uniformidad de la resistencia del cemento:</u></p> <p>Asegure la recepción rutinaria de la evaluación del proveedor, de acuerdo con el método de la ASTM C-917.</p> <p>* La evaluación según el método ASTM C-917 está basada en pruebas de resistencia individuales de muchas muestras aisladas; es por esto que suministra una indicación más real de la uniformidad de la resistencia del cemento. En comparación, la información de la resistencia en los reportes de la planta es consecuencia de la composición de muestras de grandes</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>lotes de producción. Resistencias de cemento uniformes son muy importantes para poder alcanzar los requisitos de sobrediseño del concreto. Esto favorece al productor de concreto que elabora concreto de resistencia uniforme.</p> <p>2.1.3 <u>Muestreo del cemento:</u></p> <p>Por lo menos una muestra de cemento cada 7,000 M3 de concreto producidos por cada fuente de abastecimiento (si se usa la información de los resultados de la planta de cemento, se obtendrá una frecuencia menor). El tamaño de la muestra debe ser de 5 a 10 kg (compuesta de 2 o 3 submuestras). Vea el ASTM C-917 para un procedimiento correcto de muestreo. Almacene las muestras en recipientes herméticos y libres de humedad con el mínimo espacio de aire sobre la muestra. Deshágase de la muestra después de 45 días si no ha sido requerida para pruebas de rutina o emergencia.</p> <p>* El muestreo rutinario de cemento es recomendable para cualquier tamaño de operación de concreto premezclado, aún cuando no se hagan pruebas de rutina. Las muestras deben guardarse el tiempo suficiente hasta que se haya asegurado la aceptación. Es importante tener muestras de cemento para atender los problemas que se puedan presentar.</p>			
<p>2.1.4 <u>Pruebas del cemento:</u></p> <p>Pruebas que puede realizar el productor de concreto.</p> <p>-- <u>Color.</u> Verificación visual del cemento comparándolo con muestras anteriores.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>* Verifique que el cemento proviene de la misma planta. Cambios no - notificados en la producción del cemento en la fuente de abastecimiento pueden provocar resultados importantes en las propiedades — del concreto, tales como: resistencia, fraguado, color, etc.</p> <p>— <u>Temperatura del cemento medida - en el momento de la entrega:</u></p> <p>* Es importante controlar la temperatura del concreto. La temperatura del concreto cambiará 1° C por cada 9° C que cambie la temperatura del cemento. Temperaturas altas de cemento provocan fraguados acelerados y pérdidas de revenimiento (70° C o más).</p> <p>Para otras pruebas envíe muestras a un laboratorio externo prestigiado; o realice las pruebas según su propio programa de prueba del cemento; principalmente para las pruebas físicas. Haga las siguientes pruebas:</p> <p>— Resistencia en cubos de mortero de cemento (NOM C-61) a 3, 7, 28 y 90 días de edad.</p> <p>* Verifique el desarrollo de la resistencia del cemento. Las pruebas de 28 y 90 días indican el potencial logrado de la resistencia del cemento a edades posteriores. La información suministra la base para la evaluación interna de la uniformidad de la resistencia del cemento mediante cartas de control y el procedimiento de la - - ASTM C-917.</p> <p>— <u>Porcentaje de fluidez: prueba opcional de la NOM C-61.</u></p> <p>* Verifica la demanda de agua del - cemento en la mezcla.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- <u>Tiempo de fraguado</u>: (NOM C-58 o C-59).</p> <p>* Util para estimar el tiempo de -- fraguado del concreto.</p> <p>-- <u>Consistencia Normal</u>: (NOM C-57; necesaria para la determinación - del tiempo de fraguado).</p> <p>-- <u>Finura</u>: (NOM C-56 o C-55). La finura determinada a través de - la permeabilidad al aire, Blaine, es prueba bastante rápida que <u>pue</u> <u>deser</u> <u>corrida</u> para el cemento - - y los aditivos minerales.</p> <p>* Un molido grueso puede significar: bajas resistencias; mayor sangrado y acabados defectuosos. Molido fino puede significar: resistencias más altas; demanda más <u>al</u> <u>ta</u> de agua; y una mayor contrac-- ción por secado.</p> <p>-- <u>Material retenido en la Malla -- No. 325</u>: (NOM C-49)</p> <p>* Verificación sobre la cantidad de partículas grandes de cemento que no contribuyen a la resistencia - del concreto.</p>			
<p>-- <u>Determinación del falso fragua-- do</u>: (NOM C-132).</p> <p>* Fraguado falso: una relación me-- nor que el 50% puede causar exce-- sivo sangrado, acabado defectuoso y baja resistencia.</p> <p>-- <u>Pérdida por calcinación</u>: (NOM C-131).</p> <p>* Cemento parcialmente hidratado, - si pierde más de lo normal; posi-- blemente clínker intemperizado; conduce a resistencias de concre-- to menores.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- <u>Prueba de Sanidad:</u> (NOM C-62)</p> <p>* Valores arriba de 0.8% indican que el cemento puede provocar <u>expansio</u>nes excesivas del concreto.</p> <p>2.2 <u>Aditivos minerales:</u></p> <p>2.2.1 Puzolanas, cenizas volantes y escoria.</p> <p>2.2.1.1 <u>Análisis del proveedor:</u></p> <p>Revisión de los cambios en los <u>re</u>portes suministrados con anterioridad.</p> <p>-- <u>La suma de SiO₂ y Al₂O₃.</u></p> <p>* La contribución de menor resistencia puede resultar de la reducción de esta suma.</p> <p>-- <u>Material retenido en la Malla --</u> <u>No. 325. (NOM C-49)</u></p> <p>* Su incremento significa una <u>contri</u>bución a bajas resistencias.</p> <p>-- <u>Pérdidas por calcinación. (NOM -</u> <u>C-131).</u></p> <p>* El aumento significa una demanda - de agua más alta y una contribución menor a la resistencia. <u>Variacio</u>nes en la pérdida por calcinación <u>causarán</u> variaciones en la inclu--sión del aire.</p> <p>-- <u>Índice de actividad puzolánica.</u></p> <p>* La reducción significa menores re-sistencias.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>2.2.1.2 <u>Muestreo:</u></p> <p>Una muestra por cada 7,000 M3 de concreto producido con cemento - puzolánico o con ceniza volante como aditivo. Procédase como en el muestreo de cemento (Sección 2.1.3).</p> <p>* La frecuencia del muestreo estará determinada por la variabilidad - de la puzolana o la ceniza volante.</p> <p>2.2.1.3 <u>Pruebas:</u></p> <p>-- <u>Color.</u></p> <p>* Un color más oscuro puede indicar alto contenido de carbón, lo cual reduce el contenido de aire del concreto.</p> <p>-- <u>Material retenido en la Malla - No. 325. (NOM C-49)</u></p> <p>-- <u>Pérdida por calcinación. (NOM C-131).</u></p> <p>-- <u>Índice de actividad puzolánica (ASTM C-311)</u></p>			
<p>Otras pruebas según las propiedades de la ceniza volante disponible. -- Nótese que productos químicos pueden ser añadidos en las plantas de energía para mejorar la eficiencia en la precipitación. Estos pueden ser compuestos de amoníaco, que generalmente no afectan al concreto; y las cenizas de sosa, que pueden causar un fraguado anormal del concreto e incrementar el contenido total de álcalis.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>2.3 <u>Agregados.</u></p> <p>2.3.1 <u>Agregado Fino (Arena):</u></p> <p>2.3.1.1 <u>Muestreo:</u> (NOM C-30; C-170).</p> <p>Una muestra por cada 1,000 M3 de producción de concreto o por lo menos una vez al mes por cada -- fuente de abastecimiento.</p> <p>* La frecuencia del muestreo estará determinada por la variabilidad del suministro.</p> <p>2.3.1.2 <u>Pruebas:</u></p> <p>-- <u>Análisis granulométrico:</u> (NOM C-77)</p> <p>Retención de muestras defectuosas para comprobar las pruebas del -- proveedor. Calcúlese el M.F. partiendo del análisis granulométrico.</p> <p>-- <u>Módulo de Finura (M.F.):</u> (NOM - C-77).</p> <p>Calculado partiendo del análisis granulométrico.</p> <p>* Arena más fina significa incremento en la demanda de agua de mezclado y posiblemente reducción de la resistencia si la mezcla no es ajustada. La arena más gruesa aumenta el sangrado y puede perjudicar el acabado. Un cambio en el M.F. en más de 0.20 puede requerir el cambio de diseño de la mezcla.</p> <p>-- <u>Materiales más finos que la Malla No. 200 (75 micras):</u> (NOM C-84)</p> <p>* Excesivas cantidades de finos en forma de arcilla puede incrementar la demanda de agua de mezclado y reducirá la resistencia. Es particularmente dañino en concreto de alta resistencia.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- <u>Materia orgánica en el agregado fino por medio de la comparación de colores:</u> (NOM C-88)</p> <p>Esta es una prueba colorimétrica para verificar si la arena contiene materia orgánica. Es probable que solo sea necesaria regularmente si hay algunos antecedentes de materia orgánica en la arena.</p> <p>* Si la arena se pasa del límite - puede causar reducciones en la - resistencia del concreto y erráticos contenidos de aire y del - tiempo de fraguado. En ese caso serán necesarias pruebas adicionales.</p> <p>— <u>Grupos de arcilla y partículas desmenuzables:</u> (NOM C-71).</p> <p>Hágase las pruebas si se observan cantidades significativas de este material en el análisis granulométrico.</p> <p>* Excesivas cantidades pueden causar la reducción en la resistencia por el incremento de finos debido a su desintegración o puede dejar huecos en el concreto endurecido.</p>			
<p>Otras pruebas según lo requieran propiedades o especificaciones especiales del agregado fino.</p> <p>2.3.2 <u>Agregado Grueso:</u></p> <p>2.3.2.1 <u>Muestreo:</u> (NOM C-30; C-170).</p> <p>Una muestra por cada 1,000 M3 de producción de concreto o por lo menos una vez al mes por cada -- fuente de abastecimiento.</p> <p>* La frecuencia del muestreo estará determinada por la variabilidad - del suministro.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>2.3.2.2 <u>Pruebas:</u></p> <p>— <u>Análisis granulométrico:</u> (NOM-C-77)</p> <p>Retención de muestras defectuosas para comprobar las pruebas.</p> <p>* Excesivo contenido de tamaños pequeños incrementa la demanda de agua; baja resistencia; aumenta la contracción por secado. Los tamaños mayores perjudican la trabajabilidad y la colocación.</p> <p>-- <u>Peso específico y absorción:</u> (NOM C-164).</p> <p>Un material con peso específico variable o donde haya contaminaciones de material poroso, puede afectar el control del agua de mezclado o la calidad del concreto.</p> <p>-- <u>Material más fino que la Malla No. 200 (75 micras):</u> (NOM C-84)</p> <p>* Excesivas cantidades de arcilla pueden aumentar la demanda del agua de mezclado y reducir la resistencia.</p> <p>-- <u>Prueba de Los Angeles:</u> (NOM C 219; C-196).</p> <p>Normalmente ésta no es una prueba de rutina.</p> <p>* El incremento de pérdida debida a la desintegración en la prueba puede causar bajas resistencias o ser un indicador de problemas de desintegración potencial durante las operaciones en el manejo de los agregados.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- <u>Peso Unitario:</u> (NOM C-73)</p> <p>Peso unitario seco varillado del agregado grueso se determina con un recipiente para peso unitario de 15 lt de capacidad.</p> <p>* Importante para diseño de mezclas y puede ser útil para el Control de Calidad. Las variaciones pueden indicar un cambio en la granu- <u>lometría</u>, en el peso específico o forma de las partículas.</p> <p>Otras pruebas según lo requieran propiedades o especificaciones especiales. Verificar lista de Mé- <u>todos de Prueba</u> para los agrega- <u>dos</u> en el inciso 2 "Referencias", de las NOM C-111.</p> <p>2.3.3 <u>Agregados de Peso Ligero:</u> - (NOM C-299)</p> <p>2.3.3.1 <u>Muestreo:</u></p> <p>Una muestra por cada entrega.</p> <p>* Las propiedades pueden cambiar de entrega a entrega debido a cam- bios en la materia prima o en el proceso.</p>			
<p>2.3.3.2 <u>Reportes de pruebas del proveedor o propias:</u></p> <p>Solicítese o hágase reporte por - cada 10 entregas, que tenga el pe- so unitario, granulometría, por - ciento de humedad y absorción a - la hora de la prueba; también pe- so específico si es posible (Mét<u>o</u> do del Picnómetro). Una recep- ción sistematizada da la oportuni- dad de observar con suficiente an- terioridad cambios en las propie- dades.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>2.3.3.3 <u>Pruebas:</u></p> <p>-- <u>Peso Unitario (suelto; procedimiento de paleado): (NOM C-73)</u></p> <p>Pruébese en condiciones de secado al horno para la determinación de la uniformidad de entrega a entrega. Pruébese en la condición "tal como está" para ajustes de concreto de peso ligero; también como verificación del grado de saturación si va a ser usado en bombeo de concreto ligero.</p> <p>* Se permite un máximo de 10% de cambio en el peso unitario de entregas sucesivas para muestreos empleados para pruebas de aceptación. Encuentre y use el factor del peso unitario (o sea el múltiplo del peso unitario) para los ajustes del Rendimiento Volumétrico del concreto ligero. Manténgase historia del peso unitario para una evaluación de la uniformidad.</p> <p>-- <u>Análisis granulométrico: (NOM C-77 con la modificación que se indica en NOM C-299)</u></p> <p>* La frecuencia depende de las variaciones del agregado. El supratamaño reduce el peso unitario del concreto y la resistencia; el infratamaño aumenta el peso unitario del concreto y causa faltantes en el volumen.</p> <p>-- <u>Factor de Peso Específico: (ACI 211.2) Práctica recomendada para seleccionar proporciones para concreto de peso ligero estructural.</u></p> <p>Apéndice A - Método del Pícnómetro.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>Para algunos agregados gruesos ligeros que tienen la superficie relativamente lisa, los procedimientos de la NOM C-164 para determinar el peso específico y la absorción pueden ser usados con regularidad; sin embargo se necesita una tapa sobre el cesto para confinar la flotación de las partículas de algunos agregados.</p> <p><u>2.4 Aditivos Químicos:</u></p> <p>2.4.1 <u>Certificación del fabricante.</u> Tal como sea requerida por las especificaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Resultados de pruebas indicando el cumplimiento con las NOM aplicables. — Dosificaciones recomendadas para varias condiciones de aplicación y colocación. — Declaraciones ante Notario sobre el contenido de cloruro de calcio. <p>* El empleo de aditivos conteniendo cloruro de calcio puede ser prohibido bajo ciertas condiciones.</p>			
<p>2.4.2 <u>Muestreo:</u></p> <p>Frecuencia del muestreo: 1 muestra por cada entrega tal como sea necesario garantizarlo, dependiendo de la confianza que se tenga en su desempeño, y muestreo de emergencia - en la eventualidad de un funcionamiento no usual en el concreto (retardo de fraguado), fraguado instantáneo, extremos en el contenido de aire. Tamaño de la muestra: un lt.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>2.4.3 <u>Agente Inclusor de Aire:</u> (NOM C-200).</p> <p>Para control y propósitos de referencia determínese:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Eficiencia del inclusor de aire para varias combinaciones de material local. — Efectos de varias sobredosificaciones sobre el contenido de aire y la resistencia. <p>2.4.4 <u>Aditivos Químicos:</u> (NOM C-255).</p> <p>Para control de la uniformidad entre lote y lote, determínese:</p> <ul style="list-style-type: none"> -- Nivel de pH. -- Por ciento de sólidos. -- Peso específico usando hidrómetro. <p>Cuando se use combinación nueva de cemento-aditivo, determínese:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Compatibilidad cemento-aditivo. — Comprobación de eficiencia contra muestra inicial. — Efecto de varias sobredosificaciones sobre el tiempo de fraguado y de la resistencia. <p>* Algunas combinaciones cemento-aditivo pueden causar una rápida pérdida del revenimiento; fraguado rápido; retraso del fraguado; baja resistencia del concreto.</p> <p>2.4.5 <u>Cloruro de Calcio (solución estándar):</u> (ASTM C-98)</p> <p>Verificación de la correcta densidad con el hidrómetro.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- Usando cartas de densidad del fabricante cada revoltura reciente y a intervalos semanarios para asegurar el desempeño previsto en el concreto.</p> <p>2.5 <u>Agua:</u></p> <p>2.5.1 <u>Agua de pozo. Muestreo y Prueba:</u></p> <p>Según lo requieran los Códigos de Sanidad locales o especificaciones de la obra.</p> <p>2.5.2 <u>Reuso del agua de lavado de revolvedoras. Muestreo y Prueba:</u></p> <p>A intervalos preescritos determínese el cumplimiento con los requerimientos de NOM C-155 (NOM C-61 Resistencia de cubos, NOM C-59 Tiempo de fraguado; cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos totales).</p> <p>* El reciclaje del agua de lavado puede afectar la velocidad de endurecimiento, la resistencia y otras características debido a la presencia de cloruros y otras sustancias químicas.</p>			
<p>3. <u>CONTROL DE OPERACIÓN DE PLANTAS.</u></p> <p>Obténgase una lista de verificación de certificación de las instalaciones de producción de concreto premezclado del Centro Técnico del Concreto, del Grupo Tolteca y revise sistemáticamente los conceptos que sean aplicables en su operación.</p> <p>3.1 <u>Recepción de Materiales:</u></p> <p>-- Los materiales serán verificados para ver que cumplen con las notas de remisión (procedencia, volumen, etc.).</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>— Inspección visual de contaminaciones, materiales deletereos (arcilla, carbón, lignito y basura; color de la arena), excesivos contenidos de infratamaño o supratamaño en los agregados.</p> <p>3.2 <u>Almacenamiento y manejo de materiales:</u></p> <p>3.2.1 <u>Cemento:</u></p> <p>— Almacenamiento a prueba de filtraciones y humedad.</p> <p>-- Verificar que tan hermética es la separación en silos de compartimiento múltiple para determinar la acumulación de cemento en el compartimiento dejado en condición de "vacío".</p> <p>* La contaminación de los cementos con cementos de otro tipo o con aditivos minerales manejados por la planta puede causar una operación errática, particularmente si se tiene cemento Tipo III, de alta resistencia temprana.</p> <p>-- Verifique que se alimenten correctamente los silos.</p> <p>3.2.2 <u>Puzolanas (incluyendo ceniza volante):</u></p> <p>Almacenamiento a prueba de humedad y separación física entre el almacenamiento de cemento por medio de paredes o por silos separados.</p> <p>* Esto es particularmente necesario por la alta fluidez de las puzolanas, la cual puede fluir a través de un pequeño agujero o grieta, y penetrar a los compartimientos del almacenamiento de cemento, a menos que la separación sea asegurada.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>3.2.3 <u>Agregados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Tipos de agregados separados físicamente. — Los procedimientos de almacenamiento evitando la segregación dañina y la desintegración del agregado y facilitando la uniformidad de la humedad al ser usado. — Las pilas de almacenamiento de agregado grueso deberán mojarse en clima caliente. — Los agregados de peso ligero para ser usados en concreto bombeado se mojarán suficientemente con anticipación para lograr la adecuada saturación. — Evitar derramamientos en los transportadores de banda; no sobrellenar dentro de los compartimientos adyacentes; dispositivos de control del manejo, eléctricos o electrónicos que funcionen correctamente. <p>* Se requiere extrema precaución en el manejo de agregados especiales para concreto: ligero, de agregado expuesto, de alta resistencia, refractario, u otros concretos que no sean estándar; la contaminación de estos materiales puede resultar en el rechazo de concretos; en el alto costo de demolición y la reposición del concreto endurecido.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Vacíense los compartimientos multi-usos completamente antes de llenarlos con diferentes tipos de agregados. 			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>3.2.4 <u>Aditivos Químicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -- Los recipientes de almacenamiento con la identificación de los aditivos. -- Protección contra la congelación si es necesario. * El congelamiento de los agentes - incluso de aire pueden causar la fijación de sólidos. Amplias variaciones en el contenido de aire puede resultar por el uso de este material. -- Dispositivos de agitación cuando sean necesarios para mantener - uniforme la densidad de la solución (v.g. soluciones estándar - de cloruro de calcio). -- Aditivos protegidos contra la - contaminación y dilución (agua - de lluvia; agua rociada del lavado de los camiones, etc.). Y rayos solares. <p>3.3 <u>Pesado y Dosificado:</u></p> <p>3.3.1 <u>Precisión en la medida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -- Chequeo diario de la escala incluyendo el ajuste a cero de la carátula de la báscula o balancear a cero por medio de las taras y pesos de las barras de la báscula. -- Verificaciones periódicas de los equipos de medida por agencias - externas registradas o por el - propio personal con equipo de - prueba certificado. Estas verificaciones deben realizarse sobre todo el rango de una pesada normal. -- Básculas en cumplimiento con las tolerancias aplicables a ellas. 			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>3.3.2 <u>Precisión en el pesado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Precisión en el pesado, específicamente en unidades automáticas, revisados a intervalos no menores de 90 días; control de sistemas automáticos ajustados para entrega precisa de materiales. * Las plantas automáticas deberán estar provistas con una guía con los problemas más frecuentes, enlistando las funciones defectuosas más comunes y las correcciones que se hayan tenido en plantas individuales. -- Verifíquese las lecturas de cualquier disco secundario para estar seguro que ellos están de acuerdo con la carátula maestra. — En básculas provistas con información rutinaria, retire rápidamente la información inválida y obsoleta. -- Básculas pesadoras libremente suspendidas; el eslabonamiento de las escalas limpio; no debe haber contacto contra el marco u otras obstrucciones (verifíquese cuando se pesen cargas de la capacidad de la báscula); no tener contacto de los cables de la escala a la entrada del cuarto de control. 			
<ul style="list-style-type: none"> * Como un rápido medio de checar la precisión de la dosificación, el camión mezclador puede ser tarado antes de ser cargado en la báscula y pesado inmediatamente después de la carga para checar el peso de la revoltura. -- Conexiones flexibles para la dosificación del cemento ("mangas", diafragmas) deberán encontrarse en condición flexible. 			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>* La rigidez de las conexiones del cemento endurecido es una causa -- frecuente de sobre pesado y pérdida en inventarios del cemento.</p> <p>— La báscula de cemento debe de estar adecuadamente ventilada. No debe haber presión sobre el sistema bascular proveniente del -- transporte neumático del cemento (o descarga neumática de las unidades de transporte).</p> <p>— Para mejorar la precisión del pesado, véase la conveniencia o necesidad de instalar tambores rotatorios o dispositivos para regular la entrada de cemento a la -- báscula.</p> <p>— Los medidores de humedad calibrados periódicamente; o las determinaciones de la humedad ejecutadas a intervalos semanales o como lo dicte la variación de la humedad de los materiales (NOM C-166; -- NOM C-245).</p> <p>— Los dosificadores de aditivo funcionando correctamente; los vasos limpios y provistos con una graduación legible; la unidad de be estar visible en la báscula -- para la detección inmediata de -- un mal funcionamiento.</p> <p>— La báscula debe estar provista -- de instrucciones de dosificación claras y que no sean ambiguas, para el manejo de los distintos -- aditivos que se usen.</p> <p>* Las equivocaciones en los aditivos usados y dosificados es probable que causen serios problemas -- en el concreto.</p> <p>— El operador de la planta y el operador substituto deben estar ampliamente familiarizados con la -- operación de dosificación, incluyendo el significado de las unidades empleadas en la medición --</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>(ya sea en centímetros cúbicos o varios pesos de cemento equivalentes a diferentes grados de dosificación) y en la colocación de los aparatos medidores de sistemas automáticos para la correcta dosificación.</p> <p>-- Tomar providencias para verificar la descarga real del aditivo dentro de la mezcladora.</p> <p>* Las obstrucciones al final de la línea de descarga o bajas presiones de aire en la descarga neumática pueden causar detenciones, las cuales pueden entrar en la siguiente revoltura.</p> <p>3.3.3 <u>Procedimiento de Pesado:</u></p> <p>-- Secuencia estandarizada de cargar de los materiales dentro de la mezcladora.</p> <p>* Un procedimiento incorrecto tal como cargar el cemento con el agua o agregados húmedos, puede dar lugar a que se peguen los materiales en la entrada de la revolvedora.</p> <p>-- Nota de entrega que muestre la información requerida incluyendo las especificaciones del re-venimiento.</p>			
<p>-- Política de la compañía en cargas pequeñas.</p> <p>* Las cargas pequeñas pueden causar problemas porque los errores en las pesadas son incrementados y cualquier agua de lavado dejada en el tambor puede producir una revoltura aguada. Platique con los clientes para que eviten la necesidad de pedir pequeñas cargas al final de un colado.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- Las políticas de la compañía sobre la disposición de concreto - regresado, deben ser observadas.</p> <p>-- Proveer a la planta con gafas sobre el manejo de concretos mal pesados.</p> <p><u>3.4 Mezcladora y control de mezclado:</u></p> <p><u>3.4.1 Mezcladoras centrales:</u></p> <p>Verifique el concreto endurecido - que se adhiere y el desgaste de las aspas a intervalos de cada 7 días.</p> <p>-- Supervisar que el tiempo mínimo de mezclado determinado sea observado.</p> <p>-- Pruebas de uniformidad de mezcla cada 180 días, (especifique el tiempo del intervalo).</p> <p>-- El operador y el operador sustituto estarán familiarizados con las lecturas de los medidores de revenimiento.</p> <p><u>3.4.2 Camiones mezcladores:</u></p> <p>-- Determinese el concreto endurecido que se adhiere, desgaste de aspas; precisión de la escala de medida del agua, condiciones generales del sistema de agua del camión (indicaciones de las cantidades, legibles; medidores limpios, que no tenga fugas de agua); placa legible del tipo y velocidad de la mezcladora.</p> <p>-- Operadores conocedores de los requerimientos para un mezclado suficiente y las velocidades de mezclado y agitación.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- En unidades con medidores hidráulicos del revenimiento, establecer la correlación entre la presión y el revenimiento de mezclas estándar y el tamaño de la carga establecida.</p> <p>3.5 <u>Control de la Entrega:</u></p> <p>3.5.1 <u>Control de revenimiento:</u></p> <p>-- Sistema efectivo de comunicación entre el operador de la planta y el chofer relacionado con el revenimiento, tal como fué producido por la planta.</p> <p>-- Los operadores de camión mezclador entrenados en la estimación correcta del revenimiento y en los ajustes de revenimiento (e.g. de 4 a 10 lt/M3 de agua adicionada para elevar el revenimiento 2 cm).</p> <p>-- Choferes familiarizados con la política de la compañía sobre las adiciones de agua después de que el revenimiento especificado ha sido logrado.</p> <p>-- La política establecida por la compañía sobre las responsabilidades por viajes aguados <u>rechazados por el cliente.</u></p>			
<p>3.5.2 <u>Control del contenido de aire:</u></p> <p>-- Pruebas rápidas en la planta para el contenido de aire del concreto producido para ser expuesto a cambios de congelamiento y deshielo y a sales descongelantes. Frecuencia de pruebas requeridas: 1 por cada día. Háganse pruebas adicionales de aire si la procedencia de los materiales ha cambiado (cemento, aditivo químico, agregado fino) y cuando se reciba un nuevo embarque de agente inclusor de aire.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>-- Mantenga informada a la planta - con la especificación del máximo y mínimo contenido de aire requeridos empleando diferentes tamaños de agregado grueso.</p> <p>-- Determinese la pérdida de contenido de aire en el tránsito si - son diferentes los resultados de las pruebas, en el sitio de la - obra.</p> <p>3.5.3 <u>Control de temperatura:</u></p> <p>-- Chequeo en la planta del control de temperatura del concreto para asegurar el cumplimiento con los límites de temperatura máximo y mínimo.</p> <p>* Fijese objetivo de temperatura en la planta para permitir el aumento o la disminución de la temperatura durante la entrega.</p> <p>3.5.4 <u>Control de otras características del concreto:</u></p> <p>-- Rápido reporte de los choferes - de la apariencia no usual de una carga (condición de muy arenoso - o muy poca arena, mortero con - excesivo aire incluido; variaciones de volumen). El operador - de la planta y/o despachador deberán ser instruidos para actuar inmediatamente. Rápido análisis y acciones adecuadas por el departamento de Control de Calidad.</p> <p>* Una carga desperdiciada de concreto problemático puede representar un beneficio para la compañía comparado con su posible uso y falla en su desempeño.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p style="text-align: center;">4. CONTROL DEL PRODUCTO:</p> <p>4.1 Pruebas de Control de Calidad del Concreto:</p> <p>4.1.1 Una prueba por cada 50 - 100 M3 de la producción de la planta.</p> <p>4.1.2 <u>Selección de la muestra:</u></p> <p>Pruebas regulares sobre una mezcla de referencia estándar puede ser un útil indicador (e.g. estándar de 200 Kg por cm2 u otras mezclas estándar).</p> <p>* Facilita el reconocimiento de variaciones en el concreto.</p> <p>4.1.3 <u>Lugar del muestreo:</u></p> <p>Pruébese en el sitio de la obra para concreto mezclado en camión; en el sitio de la obra y/o en la planta para mezclado central de concreto.</p> <p>* Muestrear en la mitad de la carga del camión mezclador de concreto, es esencial para datos dignos de confianza.</p>			
<p>4.1.4 <u>Toma de la muestra:</u></p> <p>— Obtenga una muestra de un camión para ser probada por el laboratorio que esté contratado por parte del dueño de la obra, si esto es posible. Lo anterior permitirá la comparación entre los métodos y procedimientos de prueba entre ambos laboratorios; si esto no es posible muestréese en forma aleatoria. Si se requieren o desean datos detallados del comportamiento del concreto, pruebe cargas previamente seleccionadas en las que algunos datos</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>como la granulometría del agregado, humedad, cantidad del agua - en la mezcla, características de la mezcla, etc. son conocidos.</p> <p>4.1.5 <u>Pruebas:</u></p> <p>— Véase la lista de los métodos de prueba en la norma NOM C-155, en el párrafo Métodos de Muestreo y Prueba. Revenimiento; contenido de aire, peso unitario y rendimiento, temperaturas ambiente y del concreto, moldeo de especímenes cilíndricos para pruebas a 3, 7, 28 y 90 días. Moldes rectangulares de vigas para concreto - que tiene que cumplir especificaciones de resistencia a la flexión.</p> <p>* Las pruebas a tres días permiten conocer a tempranas edades variaciones en la resistencia. La prueba a 90 días es muy útil como una historia de la resistencia o su correlación con resultados bajos a 28 días.</p> <p>4.2 <u>Control en la obra:</u></p> <p>4.2.1 <u>Observaciones generales:</u></p> <p>Requerimiento de agua, velocidad de pérdida de revenimiento, trabajabilidad, velocidad de sangrado, características de acabado, tiempos de fraguado.</p> <p>4.2.2 <u>Control del Rendimiento Volumétrico de Concretos Ligeros:</u></p> <p>Realícense pruebas del peso unitario en la primera carga y cada 30 M3 subsecuentes. Ajustense los pesos de las bachadas de agregados ligeros para corregir y tener un rendimiento adecuado. Háganse pruebas de verificación para determinar la precisión de los ajustes al rendimiento.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>* La frecuencia de las pruebas dependerá de la variabilidad de los pesos unitarios. Mantenga un récord de la información del rendimiento.</p> <p>4.2.3 <u>Resistencia a la Flexión del Concreto:</u></p> <p>Asegure usted el cumplimiento con las tolerancias mínimas en el revenimiento del concreto para pavimentos que generalmente se especifican con muy bajo revenimiento. Asegure un estricto apego a los procedimientos de ensayo de los métodos de prueba para elaboración, curado y prueba de especímenes de vigas, para conocer la resistencia a la flexión.</p> <p>* La prueba de resistencia a la flexión del concreto es altamente sensitiva a los errores en su realización. La verificación subsecuente a la resistencia usando vigas aserradas en el sitio, involucra un alto riesgo de falla. Deberá hacerse el mejor esfuerzo para obtener resultados satisfactorios en especímenes moldeados con concreto fresco. Un procedimiento adecuado es desarrollar una</p>			
<p>relación en el laboratorio entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión y utilizar entonces la resistencia a la compresión en especímenes de campo como prueba de control de calidad y aplicar la correlación obtenida.</p> <p>4.2.4 <u>Concreto de muy alta resistencia (más de 350 Kg/cm²):</u></p> <p>Asegure la producción de concreto de un revenimiento dentro del rango especificado; utilice moldes metálicos para los cilindros de prueba y apresure la descarga.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>* Se supone que otros factores de la producción y prueba de concretos - de alta resistencia se mantienen - bajo control (por ejemplo, el uso de materiales de comportamiento uniforme y predecible y precauciones especiales en las pruebas a la compresión).</p> <p>4.2.5 <u>Pruebas de laboratorios externos:</u></p> <p>Evaluaciones del personal que elabora las pruebas; mantenimiento de un registro de los errores efectuados - por el laboratorio en la prueba, así como los esfuerzos para corregir los errores es una manera efectiva.</p> <p>Esta información es necesaria para - establecer las responsabilidades en caso de que se obtengan resultados - de resistencias bajas.</p> <p>4.2.6 <u>Prácticas de Colocación:</u></p> <p>La verificación y la observación de buenas prácticas de colocación de - concreto; elaborar registros de las fallas en la colocación; intentos - para persuadir al cliente para adoptar buenos métodos de colocación.</p> <p>El llevar un registro diario, tomar fotografías y enviar memoranda y correspondencia, manteniendo copias - de éstos en un expediente, es información muy útil para establecer responsabilidades en el caso del comportamiento insatisfactorio del concreto.</p> <p>4.2.7 <u>Reportes de los choferes:</u></p> <p>Anotaciones en las notas de remisión o en cualquier otro lugar, son -- información relevante que puede -- ayudar al control de calidad; se debe anotar: si se le adicionó agua al</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>concreto solicitado y firmado por el cliente; cualquier otro material que sea agregado a la mezcla por el cliente, muestreo y pruebas de la entrega, revenimiento, fallas en las pruebas, tiempo de descarga.</p> <p><u>4.2.8 Rechazo del concreto:</u></p> <p>Si es posible, deberán verificarse por el departamento de Control de Calidad las pruebas en los puntos que no cumplió las normas.</p> <p>Los despachadores y los choferes deberán tener cuidado de que al rechazo de una carga por fallas en el rango del revenimiento o contenido de aire es una contingencia, por lo que deberá repetirse la prueba para confirmar las condiciones de falla de la norma.</p> <p><u>4.3 Procesamiento de los Reportes de Prueba:</u></p> <p><u>4.3.1 Reportes por Laboratorios Externos:</u></p> <p>Asegurar la pronta recepción de todos los reportes de las pruebas efectuadas por estos laboratorios a la producción de la compañía. Información periódica del departamento de Ventas al iniciarse una obra, de los resultados de pruebas que están siendo realizadas por terceros. Obténgase la entrega de reportes de laboratorio que no cooperan, haciendo referencia a la aceptación en cuanto a la resistencia y uniformidad que se requiere según el punto 10.3 de las Normas Técnicas Complementarias para construcciones y estructuras de concreto, del Reglamento de Construcciones del D.F.</p> <p>* Esto es importante para agilizar las investigaciones del departamento de Control de Calidad de las causas en las reclamaciones que pudieran tenerse.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p><u>4.3.2 Libreta de Resultados:</u></p> <p>Actualice diariamente, conforme los reportes se reciben, esta libreta, que incluirá resultados de las pruebas diarias de todas las obras con indicaciones de la planta, marca de cemento, laboratorio de prueba, y otra información relevante que permita una rápida localización así como la causa de las fluctuaciones en la resistencia. (¿Es de una sola obra; es la producción de una sola planta; es por el uso de una determinada marca de cemento; solamente se presenta en las pruebas de un solo laboratorio, etc.?).</p> <p><u>4.3.3 Comparación de Laboratorios:</u></p> <p>Tabúlense los resultados de pruebas compañeras para el propio y otro laboratorio en la misma entrega o en la misma muestra de concreto. Investíguese y determínese las causas de las discrepancias en los resultados.</p> <p><u>4.3.4 Evaluación Estadística:</u></p> <p>Manténgase actualizada la información de la desviación estándar de las mezclas producidas por cada planta. Usese la información para los diseños de mezcla en lugar de los obtenidos en las pruebas de laboratorio.</p> <p>Obsérvese especialmente plantas con desviaciones estándar altas en la <u>revisión gerencial</u> de la <u>operación estadística</u>.</p> <p><u>4.3.5 Cartas de Control:</u></p> <p>Manténganse cartas de control para cada planta mostrando las características del concreto fresco (reventamiento, contenido de aire, temperatura, peso unitario, rendimiento),</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>así como la resistencia de la mezcla estándar de referencia o de varias resistencias. Manténganse cartas de control separadas para los resultados de resistencia en las obras grandes y para diferentes edades de prueba. Establézcanse límites de control especial para edades tempranas y para toma de decisiones en la variabilidad de la resistencia.</p> <p>4.4 <u>Problemas con la resistencia del Concreto:</u></p> <p>4.4.1 <u>Verificación preliminar de la resistencia en sitio:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Elabore un registro general de todas las reclamaciones y de cada una en particular, siguiendo todos los acontecimientos en forma de diario hasta su total satisfacción. Pruebas de esclerómetro o similares podrán indicar resistencias adecuadas; invéstiguese el manejo de concreto en la obra, curado, cabeceo y ensaye del espécimen y los defectos físicos en los especímenes rotos así como en su cabeceo. <p>4.4.2 <u>Información de Antecedentes:</u></p> <p>Si se verifica la resistencia baja, asegure información relevante del personal de obra, así como de los representantes de ventas, operadores de las revolvedoras y personal en obra de laboratorio de terceros, antes de que se olviden los detalles. Revise y analice toda la información disponible incluyendo la información del pedido, registros del despachador, tarjetas de los choferes, información en las notas de remisión, hojas de báscula, reportes de la misma resistencia, de la misma planta probados en alguna otra obra.</p>			
<p>así como la resistencia de la mezcla estándar de referencia o de varias resistencias. Manténganse cartas de control separadas para los resultados de resistencia en las obras grandes y para diferentes edades de prueba. Establézcanse límites de control especial para edades tempranas y para toma de decisiones en la variabilidad de la resistencia.</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>Verifíquese que no se haya añadido agua, la edad del concreto, los materiales o aditivos que pueda haber añadido el cliente; o apariencia poco usual del concreto durante el colado.</p> <p><u>4.4.3 Análisis de Especímenes y Materiales:</u></p> <p>Obtenga la comparación de especímenes de concretos de baja resistencia y concretos de la misma clase que hayan cumplido satisfactoriamente. Compare el contenido de aire y agua por medio de ampliaciones en 10X observando los vacíos. Compare el peso unitario del concreto, un peso bajo puede indicar alto contenido de aire o de agua. Examine visualmente las caras de la fallas. La fácil separación de los agregados del concreto puede indicar bajas resistencias en el mortero. Obténgase muestras de concreto y sus materiales de las mismas entregas que los usados en los concretos en duda; si es posible proceda con las pruebas que se enumeran en la Sección 2 Materias Primas. Dependiendo de la magnitud del problema de resistencia, consíganse análisis de laboratorio de los proveedores o de los consultores independientes.</p> <p><u>4.4.4 Evaluación de la Resistencia del Concreto en el sitio de colado.</u></p> <p>Síganse las recomendaciones del Tip No. 4 del Centro Técnico del Concreto, del Grupo Tolteca.</p> <p>Si las pruebas de corazones indican resistencias bajas, inspeccione los corazones den busca de: grandes huecos interiores, acero de refuerzo embebido en ellos, superficies inclinadas o disparejas, roturas</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>por cortante o por carga excéntrica; huecos y otros defectos en el cabeceo o el uso de compuestos de cabeceo de baja resistencia. Efectúe pruebas adicionales de corazones si esto no se hace adecuadamente.</p>			
<p style="text-align: center;">5. SERVICIO AL CLIENTE :</p> <p>5.1 Manejo de reclamaciones:</p> <p>Actúese rápidamente aún para la menor reclamación ya que los retrasos o no atención puede resultar en costosos pleitos. Para cada reclamación establézcase un registro completo de la misma manera que para los problemas de resistencia. Prepárense registros para la Gerencia y más aún para el cliente mediante la aprobación de la Gerencia, recordando al cliente las fases fundamentales de la venta del concreto. — Los reportes deben ser objetivos. — Soporte la opinión expresada en el reporte con referencias de material impreso, si esto es posible. Verifique doblemente la corrección de los datos y los nombres anotados.</p> <p>Las fallas en estos detalles ayuda a la aceptación de información de otros.</p>			
<p>5.2 Problemas de Volumen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Fallas en los cálculos del cliente de los volúmenes requeridos de concreto. — Variaciones en las dimensiones de las cimbras particularmente el espesor de losas de pisos y entrepiso, (verificando si es posible el espesor antes de que el concreto endurezca), ensanchamiento de las cimbras de muros (se puede medir el ancho de un muro en las cimbras, en los agujeros de los ductos, etc.); fallas en la compactación de las 			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>sub-bases, marcas dejadas por el tránsito sobre las bases; y el movimiento de las cimbras entre los soportes sobre todo en losas de entrepiso. Variaciones en las dimensiones de la cimbra que sirven de prueba delante del cliente por faltas de volumen.</p> <p>-- Errores en el pesado; funcionamiento errático de la planta (errores severos de básculas).</p> <p>-- Reducciones del volumen de aire incluido en el concreto, debido a una prolongada vibración en secciones delgadas.</p> <p>-- Cambios drásticos en el peso específico del agregado ligero.</p> <p>Apóyese la posición del productor de concreto en cuanto al volumen de las entregas mediante los registros de rendimiento semanal y el peso unitario semanal de las plantas.</p> <p><u>5.3 Problemas de calidad (diferentes a los de resistencia):</u></p> <p>Establezca un expediente de referencia en el que se incluyen los más frecuentes problemas, procúrese tener las series "Concreto en la Práctica" de la NRMCA a la mano para entregársela al cliente. Anticipe los problemas en la obra y provéase al cliente con la información sobre los diferentes medios de evitar defectos y por lo tanto pérdidas de dinero. Documentese a los consultores de los clientes o a las consultas de los clientes, por medio de información diaria de los registros del servicio. Cualquier recomendación para acciones de corrección debe ser soportada por información en libros, folletos, revistas, originada por autoridades en la materia. En caso de problemas mayores</p>			

Función del Control de Calidad	Acción	Reporte	Comentario
<p>deben conseguirse las opiniones y recomendaciones de consultores <u>in</u> dependientes.</p> <p>Si la responsabilidad del productor queda vigente después de todas las gestiones, determínese la magnitud de la responsabilidad de los proveedores y provéase a la Gerencia con la documentación pertinente.</p>			

" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

D E L

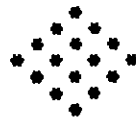
CENTRO TECNICO DEL CONCRETO

D E L

G R U P O - T O L T E C A

SECCIÓN 3

LISTA DE VERIFICACION DE LAS
INSTALACIONES DE PRODUCCION
DE CONCRETO PREMEZCLADO.



" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

SECCIÓN 3

LISTA DE VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO.

I N D I C E

INTRODUCCION.

MUESTRA DEL CERTIFICADO DE CONFORMIDAD.

GENERAL.

1. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES.

1.1 Cemento.

1.2 Agregados.

1.3 Agua.

1.4 Aditivos.

2. EQUIPO DE DOSIFICACIÓN.

2.1 Básculas.

2.2 Tolvas para el pesado.

2.3 Mecanismos para la medición volumétrica del agua.

2.4 Dosificadores de aditivos.

2.5 Precisión del pesado.

2.6 Sistemas de pesado.

2.7 Registradoras.

3. MEZCLADORA CENTRAL.

3.1 Mezclado central.

3.2 Mezclado parcial.

4. SISTEMAS DE NOTAS DE REMISIÓN.

5. FLOTILLA DE ENTREGA.

5.1 Camiones Revolvedora.

5.2 Camiones Agitadores.

5.3 Unidades No Agitadoras.

5.4 Resumen de las condiciones de la Flotilla.

6. VERIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN Y SOLICITUD DEL CERTIFICADO.
7. ACUERDOS SOBRE CALIBRACIONES POSTERIORES.
8. REFERENCIAS.
9. INFORMACIÓN PERSONAL DEL INGENIERO INSPECTOR.
10. TARJETA DE CALIFICACIÓN DE LA PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO.

I N T R O D U C C I O N

El concreto es un producto en el que la calidad y uniformidad dependen del control que se tenga sobre su manufactura, y el que deberá de estar compuesto de ingredientes adecuados, cuidadosamente combinados según proporciones especificadas. Estos ingredientes deberán ser mezclados perfectamente y el producto final entregado sin daño alguno. A pesar de que el éxito depende de varios factores, es requisito vital la disponibilidad de un equipo apropiado conservado adecuadamente.

Esta Sección describe un sistema para establecer cuándo las instalaciones y equipo de las plantas de concreto premezclado son satisfactorias. El sistema permite a una planta calificada usar y mostrar un Certificado de Conformidad que asegure a nuestro cliente que el equipo e instalaciones cuentan con capacidad física para una buena elaboración del concreto.

Para conseguir este Certificado, la planta y el equipo deben ser inspeccionados por un profesional ingeniero, registrando su conformidad con la Lista de Verificación contenida en esta Sección. El Certificado además de tener que conseguir la firma y sello del Ingeniero Inspector, deberá ser también firmado por el responsable de la operación de la compañía, que confirma su intención de vigilar que todo el equipo sea mantenido según los requisitos de la Lista de Verificación.

El sistema de Certificación ha sido desarrollado y es asesorado por diferentes organismos en E.U.A. (National Ready Mixed Concrete Association [NRMCA]; Truck Mixer Manufacturers Bureau [TMMB]; Concrete Plant Manufacturers Bureau [CPMB]); el Centro Técnico del Concreto, del Grupo Tolteca, tomando en cuenta la experiencia de las compañías a través de consultas a su personal especializado, ha hecho una revisión y adecuación del sistema para nuestras condiciones de trabajo. El Comité Técnico de la División lo revisó para su aprobación, en Diciembre de 1984; la certificación puede ser obtenida por cualquier planta de nuestras compañías, de acuerdo con los procedimientos descritos en esta Sección.

La compañía operadora de esta planta deberá informar al Centro Técnico del Concreto para que un Ingeniero miembro del Comité Técnico realice la inspección. En la selección del Ingeniero Inspector del Comité Técnico, se tomará en cuenta su prestigio y experiencia para obtener una inspección completa y objetiva. En cualquier momento nuestro cliente podrá comparar el estado de la planta con la Lista de Verificación, para corroborar que el Certificado suministra una evidencia válida de la eficiencia de la planta. La misma prerrogativa existe para los jefes o supervisores de la compañía, comprometidos con el mantenimiento apropiado del equipo.

Esta Sección está elaborada con dos propósitos: primero, para orientar tanto al productor como al Ingeniero Inspector, con la mecánica que asegure la conformidad del equipo con el Certificado y suminis-

trar las formas consecuentes; y, segundo, para familiarizar a nuestros clientes y especificadores del concreto con el sistema y su significado. La Lista de Verificación y formas que se publican en esta Sección son las que se pretende usar en la actual certificación; se requieren 3 copias por cada planta certificada, una de las cuales debe ser enviada al Centro Técnico del Concreto para su aprobación, y las otras 2 deberán conservarlas el Ingeniero Inspector y el responsable de la operación de la planta, respectivamente.

Esta Certificación de las instalaciones y equipo no aseguran la entrega de concreto de alta calidad. Como se indicó arriba, el equipo apropiado es solamente uno de los varios factores necesarios para el control del concreto, aunque si bien uno de los más importantes. La obtención del Certificado debe por lo tanto ser entendida precisamente para lo que es: evidencia de que ciertas capacidades existen. La existencia de estas capacidades reducirán la probabilidad de deficiencias en la calidad, cuando una inspección razonable ha sido ejecutada en cumplimiento de los requisitos expresados en los acuerdos tenidos con el cliente.

CENTRO TECNICO DEL CONCRETO
GRUPO - TOLTECA

GRUPO TOLTECA



**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD
PARA
INSTALACIONES Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN**

PARA CERTIFICAR QUE

PRECOLADOS HERCULES

Km. 4 Carretera a Tijuana, Mexicali, B. C. N.

han sido inspeccionados por el Ingeniero que suscribe, con el objeto de examinar la conformidad con los requisitos de la "Lista de Verificación de las Instalaciones de Producción de Concreto Premezclado". A la fecha de la Inspección las instalaciones cumplen con los requisitos para la producción, mediante los siguientes sistemas:

MEZCLADO EN TRANSITO Y PESADO SEMI-AUTOMATICO

ING. ALEJANDRO GRAF
FERITO RESPONSABLE DE OBRA
1680 PRIMER GRUPO

A. GRAF

Por el Comité Técnico

6 de Octubre de 1984.

Fecha de Inspección

6 de Octubre de 1986.

Fecha de Vencimiento

Esta Compañía mantendrá estas instalaciones en cumplimiento con los requerimientos de la Lista de Verificación y coregirá inmediatamente cualquier deficiencia que surja.

ING. HUMBERTO ROMERO, DIRECTOR REG.
(firma y cargo ejecutivo principal de la compañía)

" MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD "

SECCIÓN 3

LISTA DE VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE
PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO.

GENERAL.

Esta Lista relaciona los requisitos para el equipo e instalaciones usados en la producción del Concreto Premezclado. Una copia de esta lista deberá ser completada por el Ingeniero Inspector para cada planta inspeccionada. Se deberán sacar tres copias de la Inspección de cada planta. Cada concepto de la Lista de Verificación deberá ser checada por o bajo la supervisión del Ingeniero Inspector, el cual en cada caso marcará con el símbolo apropiado en el espacio previsto como sigue:

- "✓" (Satisfactorio), si el requisito es alcanzado.
- "NS" (No satisfactorio), si el requisito no es alcanzado.
(Un número puede ser usado como referencia a una explicación en un Apéndice cuando se considere deseable. Sin embargo no se puede expedir un certificado a una planta que no alcance todos los conceptos aplicables. Si es posible, las deficiencias deben ser corregidas antes que la inspección se termine).
- "NA" (No aplicable), si el concepto particular no es aplicable para el tipo de planta que es inspeccionada.

Las iniciales del Ingeniero Inspector deben aparecer en cada página o en la que las marcas han sido hechas, y la fecha de la terminación de la Inspección debe anotarse en la Verificación de la Inspección-solicitud del certificado (Sección 6 de esta Lista). Un jefe de la Compañía productora deberá completar el arreglo sobre la calibración sistemática de básculas e instrumentos de medición volumétrica y dosificadores de aditivos (Sección 7).

La copia original de la Lista de Verificación y del acuerdo de Verificación, presentarla al Centro Técnico del Concreto (CTC), del Grupo Tolteca, en Grutas No. 6, Col. San Pedro de los Pinos, Delegación Alvaro Obregón, 01180, México, D. F. Una segunda copia deberá ser entregada al responsable de la operación de esas instalaciones para su registro y para los usos como referencias que él juzgue apropiadas. La tercera copia debe ser conservada por el Ingeniero Inspector en sus expedientes. El Ingeniero Inspector deberá enviar al CTC una copia completa de su informe, según el formato de la Sección 9 de esta Lista de Verificación.

La conformidad con los requisitos relevantes de la Tarjeta de Calificación de la Planta de Concreto Premezclado (Sección 10), harán a la planta elegible para otorgársele el Certificado de Conformidad preparado por el CTC, para ser avalado por las firmas y sello del Ingeniero Inspector y el Ejecutivo responsable de la Compañía. El Certificado tendrá una fecha de vencimiento de 2 años después de la fecha de Inspección.

Las listas de referencia de la Sección 8, pueden ser de ayuda para el Ingeniero Inspector y el Productor.

1. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES.

1.1 Cemento.

- 1.1.1 Silos y tolvas herméticos de cemento con sus compuertas con movimiento libre de obstrucciones. ()

Cuando se almacena 2 o más tipos de cementos o materiales cementantes a granel, se deberá tener divisiones dentro de los silos que garanticen que los materiales no se mezclen y contaminen mutuamente. ()

1.2 Agregados.

- 1.2.1 Procedimientos de descarga de agregados tales que impidan la segregación perjudicial y rotura del agregado. ()

- 1.2.2 Procedimientos para el apilamiento tales que eviten la segregación perjudicial y rotura de los agregados. ()
- 1.2.3 Pilas localizadas para evitar la contaminación; arregladas para garantizar que cuando se tome agregado de ellas es distinto y no está mezclado con otros. ()
- 1.2.4 Manejo interno de los agregados y transporte que evite segregación perjudicial de los agregados. ()
- 1.2.5 Tolvas, silos o compartimientos para cada tamaño y tipo de agregado adecuadamente construidos para evitar la mezcla de diferentes tipos y tamaños. ()

1.3 Agua.

- 1.3.1 Suministro adecuado con presiones suficientemente constantes y regulares para evitar interferencia con la precisión de la medida. ()
- 1.3.2 Se dispondrá, cuando sea necesario, de equipos para calentar el agua. Se considera necesario calentar el agua cuando pasa de 5 días consecutivos en que la temperatura ambiente sea inferior de 0° C. ()

1.4 Aditivos.

- 1.4.1 Los tanques de almacenamiento y el sistema de manejo de aditivos líquidos deberán estar suficientemente protegidos para evitar el daño por la contaminación tanto de polvos como de elementos atmosféricos. ()
- 1.4.2 Los tanques deberán estar provistos de agitadores cuando los aditivos líquidos almacenados en ellos no sean soluciones estables. ()
- 1.4.3 En zonas frías los tanques y tuberías deberán estar lo suficientemente protegidas para evitar congelamientos durante las heladas. ()

2. EQUIPO DE DOSIFICACIÓN.

2.1 Básculas.

- 2.1.1 Cada báscula deberá estar compuesta de un sistema adecuado de palancas o celdas de carga que pesen consistentemente con las tolerancias dadas más adelante. Las cargas se pueden leer en barras con indicadores, en carátulas para la lectura directa y en lecturas de sistemas digitales. Para todos los tipos de sistemas de pesado, desde manuales hasta automáticos, el pesador debe

rá ser capaz de leer la carga indicada en las unidades desde su posición normal dentro de la caseta, excepto donde los controles son localizados en casetas de control remoto, los monitores y los dispositivos transmisores de balanza pueden ser usados si repiten la indicación en la báscula central con una aproximación de $\pm .2\%$ de la capacidad de la báscula. ()

2.1.2 Cada báscula durante su calibración deberá reproducir el peso con una aproximación de $\pm .20\%$ de la capacidad de la báscula en todo el rango de su uso. Una persona que realice una inspección a las básculas, puede aceptar las calibraciones realizadas por organismos ya sea oficiales o privados, cuyo trabajo sea confiable. Para lecturas digitales directas, la tolerancia puede ser aumentada a $\pm 0.25\%$. La razón de este incremento en la tolerancia es debido al hecho que las lecturas digitales están limitadas a números que no pueden reproducir las indicaciones de peso con un $\pm 0.05\%$ de la capacidad de la báscula. ()

2.1.3 Dispositivos para la calibración de las básculas hasta por 250 kg, calibrados con una precisión de $\pm 0.01\%$ del valor indicado, son muy convenientes para la calibración interna de una báscula en una planta. En algunos países ésta calibración interna no debe tener una frecuencia menor de cada 6 meses; registros adecuados de estos chequeos son necesarios en muchos países para presentarse al organismo oficial de calibración. ()

2.1.4 El sistema de barras de la báscula deberá estar diseñado de tal manera que el centro de gravedad de la carga siempre caiga dentro del área que describen los pivotes de la báscula. ()

2.1.5 Indicadores de básculas de barra.

2.1.5.1 Deberán estar provistos con un ajustador a "cerros" y deberán ser una barra separada para cada ingrediente que sea pesado en una misma báscula. ()

2.1.5.2 Los contrapesos indicadores sobre la barra deberán ser resistentes a la corrosión, equipados con mecanismos lo suficientemente precisos y capaces de ser colocados firmemente sobre la barra graduada a un intervalo que no deberá ser mayor del 0.1% de la capacidad total de la escala y a una distancia no menor que 1 mm. ()

2.1.5.3 Los indicadores de la báscula deben ser lo suficientemente sensitivos para mostrar movimientos cuando un peso correspondiente al 0.1% de la capacidad de la báscula es colocado en la tolva cuando ésta tiene una carga mayor o igual al 50% de la capacidad de carga. Deberán estar provistos con un método de oscilación del indicador sumergido en aceite para minimizar los movimientos de la aguja indicadora. ()

2.1.6 Indicadores de carátula.

2.1.6.1 Los mecanismos y la cabeza de la carátula deberán estar cerrados, a prueba de polvo. ()

2.1.6.2 Las carátulas deben indicar la carga continuamente desde cero hasta el peso total de la capacidad de la báscula. ()

2.1.6.3 Las carátulas deberán tener un mínimo de 1,000 graduaciones en líneas de lectura circular a intervalos no menores de 1 mm. ()

2.1.7 Indicadores digitales.

Los indicadores digitales o pantallas deberán estar protegidos del polvo y deberán mostrar los números suficientemente grandes para lograr una buena lectura. El incremento numérico deberá ser igual o menor a 0.1% de la capacidad de la báscula. ()

2.1.8 Básculas con celdas de carga.

Deben estar arregladas para transmitir la carga a una o más celdas directamente o a través de un sistema de barras, de tal manera que el sistema de celda registre la carga entera con la precisión del mecanismo indicador de la carga. Los fabricantes de las celdas de carga deberán indicar las temperaturas en que operan y las correcciones correspondientes. ()

2.2 Tolvas para el pesado.

2.2.1 Las básculas para pesar cemento, agregados y también agua y aditivos (si son medidos por peso), consisten en recipientes adecuados libremente suspendidos de la báscula, equipados con mecanismos necesarios para la carga y descarga. ()

- 2.2.2 El cemento y otros materiales cementantes deberán ser pesados en básculas y tolvas que son independientes de las básculas y tolvas usadas para ingredientes no cementantes. ()
 - 2.2.3 Las tolvas deberán ser capaces de recibir el material cargado sin tener contacto con los mecanismos de carga. ()
 - 2.2.4 Deberán contar con medios para retirar cualquier sobrecarga. ()
 - 2.2.5 Las tolvas pesadoras de cemento provistas con sello para el polvo entre el mecanismo de carga y la tolva deberán estar instalados de tal manera que el sello no afecte la precisión de la carga. Deberán tener ventilación que permita el escape del aire y equipadas con medios que aseguren la descarga completa. ()
 - 2.2.6 Los mecanismos de freno del flujo de material deberán cumplir con las tolerancias que se especifican en 2.5, y deberán evitar la pérdida material cuando cierran. ()
 - 2.2.7 Los vibradores y otros mecanismos instalados para la descarga completa deberán ser tales que no afecten la precisión de la pesada. ()
 - 2.2.8 Las básculas deberán ser protegidas del viento para evitar la interferencia con la precisión del pesado. ()
- 2.3 Mecanismos para la medición volumétrica del agua.
- 2.3.1 Medidores.
 - 2.3.1.1 Equipados con un mecanismo de corte capaz de detener el flujo dentro de las tolerancias especificadas en 2.5.3. Válvulas siempre libres de fugas cuando están cerradas. ()
 - 2.3.1.2 Deberán estar equipados con un mecanismo capaz de registrar incrementos tan pequeños como 5 lt o con una escala con divisiones de cada 5 lt, o ambas. ()
 - 2.3.1.3 Deben estar provistos de un indicador visible al pesador en cualquier punto de la caseta de operación. ()
 - 2.3.2 Tanques.
 - 2.3.2.1 Deberán estar equipados con las válvulas necesarias de carga y descarga, libres de fugas cuando estén cerradas. La válvula de llenado deberá ser capaz de detener el flujo del agua con la tolerancia especificada en la sección 2.5.3. ()

2.3.2.2 Deberán tener su equipo medidor visible y con divisiones de por lo menos 5 lt; tanque equipado con un tubo de alivio hasta el nivel de capacidad de la báscula, si ésta es menor que la capacidad del tanque. ()

2.3.2.3 Deberán estar equipados con una válvula para eliminar sobrecargas. ()

2.4 Dosificadores de aditivos.

Son mecanismos para la medida de los aditivos líquidos por peso o volumen que deben ser instalados adecuadamente a la planta. Medidas de colocación que incluyan recipientes cargados a mano para la medida y descarga de aditivos no es posible certificarlos. Los requisitos para los medidores volumétricos se describen en esta sección, los medidores mediante peso deberán cumplir con los requisitos expresados para las tolvas y compartimientos de pesado anteriormente mencionados en 2.2.

2.4.1 Se deberá tener un dosificador separado para cada aditivo líquido de uso regular utilizado; en los casos en que dos, pero no más de dos, aditivos sean químicamente compatibles y el medidor sea lavado con agua después de cada ciclo. Si más de un aditivo se usa a través de un dosificador sin haberlo lavado después de cada ciclo, el ingeniero deberá asegurarse de que el aditivo en uso es compatible con cualquier otro y que la mezcla de aditivo anterior a la introducción en el concreto no es perjudicial. Deberá existir evidencia escrita de que esta combinación no es perjudicial. ()

2.4.2 Tubería libre de fugas con válvulas que eviten el regreso o sifoneo para asegurar la descarga total. ()

2.4.3 Cada dosificador deberá estar provisto con un recipiente debidamente calibrado en el cual el aditivo pueda ser recogido cuando es necesario checar la precisión de la medida tal como se indicará en 2.5.4. ()

2.4.4 El pesador deberá tener la posibilidad de checar visualmente la cantidad colocada del aditivo durante cada ciclo, con una aproximación de $\pm 20\%$. ()

Este chequeo visual es conveniente para ayudar al pesador a evitar grandes sobredosificaciones o grandes deficiencias de aditivos debidas a un desperfecto en el dosificador que pueda causar grandes cambios en las propiedades del concreto fresco o endurecido. Los siguientes ejemplos muestran cómo esta verificación burda puede ser suministrada: (a) Recolectando la cantidad medida de un aditivo en un recipiente calibrado, durante cada ciclo y deteniéndola por un periodo pequeño para permitir la verificación visual; (b) Midiendo la cantidad

surtida a través del uso de un flexómetro independiente para tener una verificación burda de la cantidad medida del indicador volumétrico del dosificador.

2.5 Precisión del pesado.

Para los ingredientes pesados, la precisión es determinada por la comparación entre el peso mercado en la escala de lectura y el peso real. Para medidores de volumen de agua y aditivos, la precisión es determinada mediante la comparación de la cantidad descargada ya sea por peso en báscula o por volumen en un recipiente calibrado con precisión.

2.5.1 El cemento y otros materiales cementantes deben de ser medidos por peso, con una tolerancia de $\pm 1\%$ del peso individual tanto en báscula individuales como en básculas acumulativas. En ambos casos se puede especificar una tolerancia menor, pero no menor de $\pm 0.3\%$ de la capacidad de la escala para cargas pequeñas; se entiende por cargas pequeñas a la carga menor del 30% de la capacidad de la báscula. ()

2.5.2 Los agregados deberán ser medidos con una tolerancia de $+ 2\%$ del peso deseado en báscula individuales o de $\pm 1\%$ de los pesos intermedios y finales acumulativos deseados en básculas acumulativas de agregados. En ambos casos se puede especificar para cargas menores una tolerancia menor, pero no menor del 0.3% de la capacidad de la escala, entendiéndose por cargas pequeñas del 15 y 30% de la capacidad de la escala respectivamente. En esas tolerancias se incluye la compensación a los pesos por humedad de los agregados. ()

En algún momento el control preciso del concreto que contiene agregados ligeros es más factible si el agregado ligero es medido por volumen en vez de por peso. Si se juzga que éste es el caso el proceso en 2.5.2 puede ser ignorado para agregado grueso ligero.

2.5.3 La medida del agua, ya sea por peso o por volumen se hará dentro de una tolerancia de $\pm 1\%$ de la cantidad deseada o de 5 lt cualquier que sea mayor. Es generalmente aceptado que la verificación de la precisión de estos pesos debe ser por lo menos cada 90 días. ()

2.5.4 La medida de los aditivos debe ser dentro de una tolerancia de $\pm 3\%$ de la cantidad deseada. Al igual que el agua la verificación de los dosificadores será por lo menos cada 90 días. ()

Los aditivos líquidos pueden ser medidos por peso o volumen y los aditivos en polvo son medidos por peso. Cuando no se puede determinar qué aditivo líquido será usado normalmente en un dosificador volumétrico, suponga que la dosificación será en la proporción de por lo menos 2 cm³ por kilo de cemento; aditivos con proporciones más bajas pueden ser modificados con la adición de agua para ser usados en esta misma proporción.

2.5.5 La compensación de agua debida a la humedad de los agregados, afecta a los pesos de los mismos y al control del revenimiento.

2.5.5.1 Por medio de la combinación de agregados de diferentes contenidos de humedad, en el almacenamiento previo a su uso se puede uniformizar este contenido. En la báscula los proporcionamientos deberán estar listos para hacer ajustes por cada un 1% en el cambio de contenido de humedad del agregado fino. ()

2.5.5.2 Asimismo existen métodos para medir el revenimiento del concreto durante el mezclado y por lo tanto pueden calcularse los consecuentes ajustes al agua. Estos aparatos mediante la medida de la energía tomada durante la operación de la revolvedora, ya sea central o del camión, permite estimaciones del revenimiento y por lo tanto ajustes a la cantidad de agua añadida del pesador o chofer; como una alternativa el revenimiento puede ser controlado por medios basados en la determinación del contenido de agua del agregado, con una aproximación de + 8 lt por M³ de concreto, de tal manera que la cantidad correcta de agua puede ser medida para obtener el revenimiento deseado.

2.6 Sistemas de pesado.

2.6.1 Definiciones y requisitos de los controles componentes de básculas individuales.

Un sistema de pesado es la combinación de mecanismos de pesado y los mecanismos de control del mismo, necesarios para un pesado preciso y consistente de los ingredientes del concreto en las cantidades deseadas. Los controles de la báscula son la parte del equipo que permite operar las compuertas de cada material; pueden ser mecanismos hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc., o una combinación de ellos. Normalmente un sistema de pesado incluye mecanismos de medida y control para el

cemento, agregado, agua y aditivos, aunque si bien algunos no incluyen los aditivos si no son usados en la planta, o no tienen equipo de medición del agua, si ésta es medida a través del sistema de inyección de agua del camión.

2.6.1.1 Control de Tolvas.

Cemento y agregados deben ser medidos por peso, el agua y los aditivos pueden ser medidos en una tolva pesadora o por volumen en un mecanismo de medición volumétrica cubierta en la sección 2.6.1.2. Para agregados ligeros véase 2.5.2.

- (1) Control Manual. Los controles manuales de medición en las básculas existen cuando los mecanismos son operados manualmente con la precisión en la operación de medida dependiendo de las observaciones del pesador en las básculas. Los mecanismos de pesado pueden ser operados mediante la mano o mediante sistemas auxiliares hidráulicos, neumáticos o mediante energía eléctrica.
- (2) Controles semi-automáticos. Cuando es operado por un mecanismo de arranque, un control semi-automático de una báscula empezará la operación de pesar el material y detendrá el flujo del material automáticamente cuando el peso deseado haya sido alcanzado; no tiene sello.
- (3) Control semi-automático con sello. Cuando operado por un mecanismo de arranque un control semi-automático con sello de una báscula empezará la operación de pesado del material y detendrá el flujo automáticamente cuando el peso deseado haya sido alcanzado. Deberá estar sellado para asegurar que el mecanismo de descarga no puede ser abierto hasta que el peso cumpla con las tolerancias especificadas en 2.5.
- (4) Control automático. Cuando operado por una señal de arranque, un control automático de báscula empezará la operación de pesado del cemento, -

de los agregados, del agua o del aditivo y detendrá el flujo automáticamente cuando los pesos deseados hayan sido alcanzados. Estará sellado para asegurar que:

- a) La compuerta de una carga o válvula no puede ser abierta hasta que la báscula haya regresado a "ceros", con una aproximación de $\pm 0.3\%$ de la capacidad de la báscula.
- b) La compuerta de carga no puede ser abierta si el mecanismo de descarga está abierto.
- c) El mecanismo de descarga no puede ser operado si la válvula de carga está abierta; y
- d) El mecanismo de descarga no puede ser operado hasta que el peso del material esté dentro de las tolerancias especificadas en 2.5.

2.6.1.2 Controles para los mecanismos de medición volumétrica.

Estos pertenecen a los controles usados para la medida de los aditivos en un dosificador volumétrico o la medida de agua con un contador o un tanque de medida volumétrica.

- (1) Control Manual. El control manual volumétrico del agua o aditivos existe cuando el mecanismo de medición es operado manualmente con la precisión de la medida depende de la observación visual del pesador del indicador volumétrico (tal como pantalla de medición digital o dispositivo de medida visible), y su corte de flujo al volumen deseado. El flujo del líquido puede ser controlado mediante la mano o por un mecanismo auxiliar hidráulico, neumático o de energía eléctrica.
- (2) Control automático. Cuando está operado por una sola señal de arranque, un control automático del volumen iniciará la operación de medida y detendrá el flujo automáticamente cuando el volumen haya sido alcanzado.

2.6.2 Requisitos para los sistemas.

2.6.2.1 Sistema Manual.

Una combinación de tolvas individuales necesarias y mecanismos de medidas volumétricas (si el agua o el aditivo son medidos volumétricamente) para proporcionar las cantidades de los materiales apropiadamente, los controles de ellos serán todos manuales con la posible excepción de controles semi-automáticos o automáticos para el aditivo o el agua.

()

2.6.2.2 Sistema parcialmente automático.

Una combinación de tolvas individuales necesarias y mecanismos de medidas volumétricas (si el agua o el aditivo son medidos volumétricamente) los controles que son una combinación de manual, semi-automático, semi-automático sellado y automático que no cumplen con los requisitos para los sistemas semi-automáticos o automáticos descritos más adelante; por lo menos una de las controles que no sea manual deberá ser para controlar la medida del cemento o los agregados.

()

2.6.2.3 Controles semi-automáticos.

Una combinación de tolvas individuales necesarias y mecanismos de medidas volumétricas (si el agua o el aditivo son medidos volumétricamente), los controles son todos semi-automáticos sellados, una combinación de semi-automáticos sellados y automáticos, o todos automáticos (de acuerdo con lo descrito en 2.6.1.1 [3 y 4] o 2.6.1.2 [2]), pero que no cumplen con los requisitos para el sistema automático mencionado más adelante.

()

2.6.2.4 Sistema automático.

Una combinación de tolvas individuales necesarias y mecanismos de medida volumétrica (si el agua o el aditivo son medidos volumétricamente en la planta), los controles son todos automáticos (de acuerdo con lo descrito en 2.6.1.1 [4] o 2.6.1.2 [2]) y cumplen con los siguientes requisitos para sistemas automáticos:

()

- a) Todo el sistema de pesado es activado por un mecanismo solo de arranque, excepto que se permita un mecanismo de arranque separado para la medida volumétrica del agua y/o aditivo, no pesado en el mismo momento que se pesan los otros ingredientes.
- b) La descarga de cualquier ingrediente ya pesado en el sistema no debe iniciarse hasta que los demás controles de todas las tolvas han sido descargadas totalmente de la carga previa con las escalas, habiendo regresado a la tolerancia de "ceros" y hasta que todos los ingredientes hayan sido pesados dentro de las tolerancias requeridas.
- c) Controles de dosificadores volumétricos de aditivos (si los hay) sellados con los controles de medida volumétrica del agua o los controles de por lo menos una de las tolvas pesadoras para evitar la descarga del aditivo y del ingrediente (s), sellados hasta que ambos, el dosificador del aditivo y el dispositivo de medida sellado, hayan sido liberados de la carga previa.

2.7 Registradoras.

Mecanismos que proporcionan un registro permanente de la cantidad de cemento, agregados o agua medidos en una carga particular del concreto, deberán:

	Cem.	Agreg.	Agua
2.7.1 Estar protegidas apropiadamente y capaces de ser cerradas bajo llave.	()	()	()
2.7.2 Provistas para identificar una carga particular con la correspondiente nota de remisión.	()	()	()
2.7.3 Registrar la báscula vacía.	()	()	()
2.7.4 Registrar la cantidad de ingrediente o ingredientes pesados.	()	()	()
2.7.5 En el caso del registro gráfico, las lecturas registradas con un + 2% del total de la capacidad de la báscula.	()	()	()
2.7.6 En el caso de registradoras fotográficas o digitales, reproducir las lecturas de la báscula con una aproximación de $\pm 0.1\%$ de la capacidad de la báscula.	()	()	()

3. MEZCLADORA CENTRAL.

Es una revoladora estacionaria instalada en la planta que puede hacer una mezcla parcial o total de los ingredientes del concreto. En el primer caso la operación recibe el nombre de "mezclado parcial" y en el segundo de "mezclado central".

3.1 Para operaciones de "mezclado central", la revoladora deberá:

3.1.1 El concreto es considerado uniforme si las muestras tomadas después de la descarga de aproximadamente el 15% y el 85% de la carga no difieren en más de los siguientes requisitos: ()

(1) En revenimiento. En 2.5 cm si el revenimiento promedio es de 10 o menos cm; en 3.5 cm si el revenimiento promedio es mayor de 10 cm; y

(2) En el contenido del agregado grueso. 6% en peso del concreto. Procedimientos para medir la uniformidad del concreto mezclado están especificados en las referencias 1, 6 y 7 de la sección 8 de esta Lista.

El tiempo designado para el mezclado en la NOM C - 155-84 es de 1 min. para mezcladoras con capacidad de 1 M3 o menos, más 15 segundos por cada M3 o fracción de capacidad adicional.

3.1.2 Debe estar equipada con un "timer" que no permita que descargue la mezcla antes que el tiempo de mezclado determinado haya transcurrido. ()

~~3.2 Para operaciones de "mezclado parcial" la revoladora de la planta deberá ser capaz de mezclar los ingredientes del concreto para reducir el volumen total aparente hasta el volumen absoluto deseado antes de descargar en el camión revoladora. ()~~

4. SISTEMAS DE NOTAS DE REMISIÓN.

Preveer que en la nota de remisión se estipule lo siguiente: ()

4.1 Nombre de la compañía productora de concreto premezclado.

4.2 Designación de la planta donde se realizó la carga, si la compañía opera más de una planta.

- 4.3 Número de serie.
- 4.4 Número o designación del camión.
- 4.5 Nombre del contratista u otro comprador.
- 4.6 Designación específica de la obra (nombre y localización).
- 4.7 Clase específica o designación del concreto identificable con la terminología empleada con las especificaciones de la obra.
- 4.8 Cantidad de concreto en M3.
- 4.9 Fecha.
- 4.10 Hora en que la carga fué realizada.
- 4.11 Agua adicional agregada a petición del receptor del concreto con su firma o iniciales.
- 4.12 Tipo y nombre del aditivo y cantidad colocada en concreto -
"más aditivo".

5. FLOTILLA DE ENTREGA.

El Ingeniero Inspector examine y evalúe todos los camiones revolvedora activos o unidades no agitadoras usadas para la entrega del concreto de la planta con los requerimientos dados en 5.1, 5.2 y 5.3 respectivamente. Cada unidad deberá ser puesta en la lista de cada categoría de Satisfactorio o No Satisfactorio en el lugar apropiado del Resumen de las condiciones de la Flotilla (5.4). Las unidades agitadoras o no agitadoras están permitidas solamente para operaciones de "mezclado central". La certificación no será concedida si:

- (1) Para un camión revolvedor en una operación de "mezclado parcial", si el 10% o más de los camiones están en la lista de No Satisfactorio; o
- (2) Para una operación de "mezclado central" si el 10% o más del total de las unidades agitadoras o no agitadoras están en la lista de No Satisfactorio.

Se supone que los compradores de concreto pueden prohibir la entrega en unidades que se permite que permanezcan defectuosas, pero permitirá el uso de nuevas unidades añadidas a la flotilla o unidades reparadas a la condición de Satisfactorio, posteriores a la ejecución de la Inspección de la Lista de Verificación. Se supone que las unidades calificadas como camiones revolvedora, también califican como agitadoras.

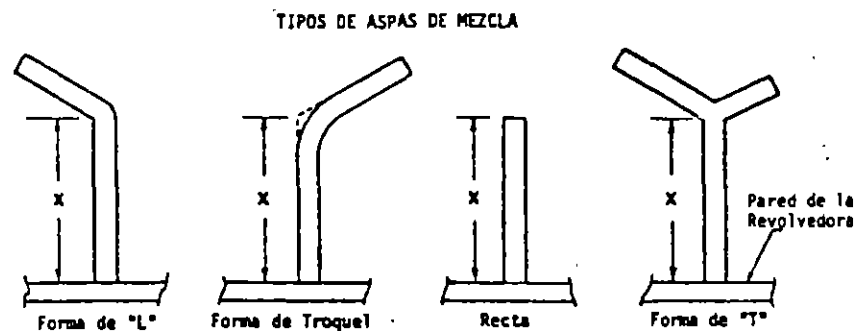
5.1 Camiones revolvedora.

Son revolvedoras montadas sobre camiones u otros vehiculos usados para completar la mezcla de los ingredientes del concreto, después de que hayan sido pesados en la planta.

Los requisitos para que un camión sea aceptable son los siguientes:

5.1.1 Condiciones interiores satisfactorias:

- Sin apreciable acumulación de concreto endurecido;
- Libre de aspas excesivamente desgastadas. En general estas aspas no deben medir menos del 90% de la altura original cuando nuevas.



5.1.2 - Abertura de carga y descarga y canales en buenas condiciones, libres de cantidades apreciables pegadas de cemento o concreto;

- Las superficies de las canales y tolvas deberán estar limpias y lisas.

5.1.3 El recipiente de la revolvedora deberá tener un volumen (en volumen de concreto mezclado) tal que el volumen mezclado de concreto no exceda el 63% de su volumen total. (Este requisito es alcanzado por todas las revolvedoras que traen colocada la placa que especifica su capacidad de mezclado).

5.1.4 En esta misma placa el fabricante de la revolvedora recomienda la velocidad de mezclado para usar la revolvedora de mezcladora central, que deberá estar en el rango de no menos de 4 y no más de 18 rpm, demostrando la capacidad para mezclar satisfactoriamente a la velocidad recomendada.

- 5.1.5 Para satisfacer las especificaciones de algunas obras, las revolvedoras deberán de contar con un contador de vueltas.

Las unidades equipadas con tanques de agua para medir su inclusión dentro de la mezcla, deberán tener medidores de agua claros, visibles y limpios y con graduaciones legibles, bombas de inyección en buenas condiciones de trabajo y con aspersores colocados en la salida de la tubería, libre de obstrucciones y fugas dentro de la mezcladora. Los medidores de agua deberán tener una aproximación de \pm el 1% de la cantidad de agua de mezclado o \pm 5 lt, cualquiera que sea mayor.

5.2 Camiones agitadores.

Son revolvedoras o recipientes montados en camiones u otros vehículos en los cuales el concreto preparado por el sistema de "mezclado central" es mantenido en movimiento tal durante la entrega, que evita la segregación. Un agitador aceptable deberá cumplir con los siguientes requisitos:

5.2.1 Condiciones interiores satisfactorias:

- Sin acumulación excesiva de concreto endurecido pegado.

- 5.2.2 - Abertura de carga y descarga y canales en buenas condiciones, sin apreciable acumulación de cemento y concreto pegados;

- Superficie de canales y tolvas limpias y lisas.

- 5.2.3 La revolvedora o el recipiente del camión agitador deberá tener un volumen (en volumen de concreto mezclado) tal que el volumen mezclado de concreto no exceda el 80% de su volumen total. (Este requisito es alcanzado por todos los camiones agitadores que traen colocada la placa que especifica su capacidad de agitación).

- 5.2.4 En esta misma placa el fabricante del camión agitador recomienda que la máxima velocidad de agitación no exceda las 6 rpm, demostrando la capacidad de operar satisfactoriamente a la velocidad recomendada.

- 5.2.5 Para satisfacer las especificaciones de algunas obras, los camiones agitadores deberán de contar con un contador de vueltas.

Las unidades equipadas con tanques de agua para medir su inclusión dentro de la mezcla, deberán tener medidores de agua claros, visibles y limpios y con graduacio-

nes legibles, bombas de inyección en buenas condiciones de trabajo y con aspersores colocados en la salida de la tubería, libre de obstrucciones y fugas dentro de la mezcladora. Los medidores de agua deberán tener una aproximación de \pm el 1% de la cantidad de agua de mezclado o \pm 5 lt, cualquiera que sea mayor.

5.3 Unidades no agitadoras.

Son recipientes montados en camiones u otros vehículos para la entrega del concreto preparado por el sistema de "mezclado central", sin mecanismos para mantener en movimiento la masa del concreto.

Una unidad no agitadora aceptable debe cumplir con los siguientes requisitos:

- 5.3.1 Superficie interior suave y a prueba de fugas, con esquinas redondeadas.
- 5.3.2 Compuertas u otros medios para controlar la descarga del concreto.
- 5.3.3 Interiores libres de acumulación excesiva de concreto endurecido y otros obstrucciones o deterioros que interfieran con la descarga apropiada del concreto.

5.4 Resumen de las condiciones de la Flotilla.

Todas las unidades deberán ser inspeccionadas; más del 90% deben ser satisfactorias para calificar para la Certificación.

Número total de las unidades disponibles activas _____

Número de unidades inspeccionadas y encontradas Satisfactorias _____

Número de unidades inspeccionadas y encontradas No Satisfactorias _____

- (2) Mediante el número del párrafo de referencia de la Lista de Verificación.
- (3) Ver 5.1 para requisitos.
- (4) Ver 5.2 para requisitos; sólo permitidas para operaciones de "mezclado central".
- (5) Ver 5.3 para requisitos; sólo permitidas para operaciones de "mezclado central".

6. VERIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN Y SOLICITUD DEL CERTIFICADO.

El que suscribe, Ingeniero Inspector en _____
 (Edo., territorio o jurisdicción)

ha realizado la Inspección de la Planta de Concreto Premezclado descrita como _____
 (Designación y localización de la Planta)

y afirma que, según su criterio, la información suministrada en esta Lista de Verificación es verdadera y completa. La solicitud hecha por medio de la presente para la emisión del Certificado para esta Planta, clasificada como sigue:

Operación General	Sistema de Pesado	Registros
() Mezclado en tránsito	() Manual	() Cemento
() Mezclado central	() Parcial Automático	() Agregados
() Mezclado parcial	() Semi-automático	() Agua
	() Automático	

(Ver la Tarjeta de Calificación en la Sección 10 para determinar la clasificación de los requisitos. Un Certificado de Conformidad no puede ser otorgado si hay "NS" en cualquiera de las Secciones. Un "NA" es permitido en una Sección requerecida solamente si el concepto no es aplicable a la planta particular.)

 Fecha
 (sello)

 Firma

 Nombre Ingeniero Inspector

 Dirección

7. ACUERDOS SOBRE LAS CALIBRACIONES SISTEMÁTICAS DE BÁSCULAS Y DISPOSITIVOS DE MEDIDA VOLUMÉTRICA Y DOSIFICADORES.

(Deberá ser llenada por el Responsable de la Operación de la Compañía de Concreto Premezclado.)

El que suscribe está de acuerdo que todas las básculas en la planta descritas abajo serán calibradas a intervalos que no excedan a 6 meses, para cumplir con el inciso 2.1.2 de la "Lista de Verificación de las Instalaciones de Producción de Concreto Premezclado". Cualquier falla en el alcance de la tolerancia de la báscula (+ 20% de la capacidad de la báscula en todo su rango de uso) será corregida inmediatamente. Si la corrección se retarda por cualquier razón, los pesos de las cargas de cualquier concreto entregado, serán corregidas para crear un margen de seguridad contra las deficiencias en el contenido de cemento o en un exceso en la relación agua-cemento. El que suscribe también está de acuerdo en que la precisión de todos los dosificadores volumétricos de aditivos y todos los dispositivos de medidores de agua volumétricos (incluyendo los contadores de agua) en la planta, serán verificados a intervalos no mayores de 90 días para observar su conformidad con los requisitos de precisión para aditivos líquidos y agua contenidos en los incisos 2.5.3 y 2.5.4, de la Lista de Verificación. Cualquier falla para alcanzar la precisión requerida será corregida inmediatamente. (Las calibraciones se harán mediante personal calificado de la compañía o mediante organismos externos, o compañías especializadas en calibraciones).

 (Firma del responsable de la operación de la compañía) Fecha

 • (Nombre y cargo)

 (Designación y localización de la Planta)

 (Nombre de la Compañía y dirección)

 (Código Postal)

8. REFERENCIAS.

1. NOM C - 155, Concreto Premezclado.
2. Normas para las Plantas de Concreto, 8a. Revisión, Enero 1984, Concrete Plant Manufacturers Bureau (CPMB).
3. Normas para Camiones Revolvedoras y Agitadores, 11a. Revisión, Enero 1982, Truck Mixer Manufacturers Bureau (TMMB).
4. Práctica Recomendada para la Medición, Mezclado, Transporte y Colocación del Concreto (ACI 304), traducción del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. (IMCYC), publicación No. NS 3.
5. Factores que afectan la homogeneidad del Concreto Premezclado, Reporte No. 1 (Fase 1, 1969), D.L. Bloem y Richard D. Gaynor, disponible en la National Ready Mixed Concrete Association - (NRMCA). También aparece un artículo resumen en la Revista del American Concrete Institute (ACI), de Julio de 1971.
6. El Mezclado del Concreto en un Camión Revolvedora, por Richard D. Gaynor y Jon I. Mullarky, publicación de la NRMCA No. 148, Enero 1975.
7. El Concreto Premezclado, por Richard D. Gaynor, capítulo 29 del libro "Significado de las Pruebas y Propiedades del Concreto y de los Materiales". Publicación Técnica Especial No. 69B de la American Society for Testing and Materials (ASTM; también publicación No. 157 de la NRMCA).
8. Producción de Grandes Volúmenes de Concreto, publicación del IMCYC No. PGV-1.

9. INFORMACIÓN PERSONAL DEL INGENIERO INSPECTOR.

(Esta forma solamente se presenta al Centro Técnico del Concreto).

Para ser presentada al Centro Técnico del Concreto, del Grupo Tolteca en Grutas No. 6, Col. San Pedro de los Pinos, Delegación Alvaro - Obregón, 01180, México, D. F., con una copia completa de la "Lista de Verificación de las Instalaciones de Producción de Concreto Premezclado". Una vez que la copia de esta forma exista en el CTC, el Ingeniero Inspector no necesitará presentar otra para la inspección de otras plantas que él realice.

Nombre _____

Dirección _____

Registro No. _____ Estado _____
(si tiene)

Profesión _____
(civil, químico, mecánico, etc., según Cédula Profesional)

Resumen de su experiencia (Marque la relevante para su calificación como Inspector de Instalaciones y Equipo de Producción de Concreto Premezclado):

(Sello)

Firma

Fecha

10. TARJETA DE CALIFICACIÓN DE LA PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO.

Basado en la ejecución apropiada de la "Lista de Verificación de las Instalaciones de Producción de Concreto Premezclado", el Certificado será preparado por el Centro Técnico del Concreto para ser firmado por el Ingeniero Inspector y el Ejecutivo responsable de la operación, indicando:

- (1) Método general de operación para el "Mezclado en Tránsito", "Mezclado Central" o "Mezclado Parcial".
- (2) El sistema de pesado: "Manual", "Parcialmente Automático", "Semi-automático" o "Automático".
- (3) Si posee registradoras, para los registros que haga.

La Certificación para una clasificación dada requiere una "✓" para las secciones de la Lista de Verificación designadas en la Tarjeta siguiente mediante una "X", excepto que se ponga una "NA" para los que no son aplicables, está permitido en ciertos casos cuando esa permisibilidad está implícita en el inciso mismo, (ejemplo: "NA" será apropiada para 1.3.2 en un clima semi-tropical, puesto que el concreto nunca será entregado a temperaturas abajo del punto de congelación. Similarmente los requisitos para la barra indicadora de la báscula en 2.1.5, no se aplicarán en una planta que tenga solamente básculas de carátula).

Sección	Mezclado en Tránsito				Mezclado Parcial				Mezclado Central			
	M	P.A.	S.A.	A	M	P.A.	S.A.	P	M	P.A.	S.A.	A
1.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.6.2.1	X				X				X			
2.6.2.2		X				X				X		
2.6.2.3			X				X				X	
2.6.2.4				X				X				X
2.7	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
3.1									X	X	X	X
3.2					X	X	X	X				
4.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5.1	X	X	X	X	X	X	X	X				
5.2												
y/o												
5.3									X	X	X	X

(1) Descripción del alcance de los registros que existan en la planta, para indicar en el Certificado.

M = Manual P.A. = Parcialmente Automática S.A. = Semi-automática
A = Automática.

Etapa de la Obra	Información	De	Para	Acción requerida o solicitada
Planeación (dueño o director de la obra).	Tipo de proyecto; magnitud de la obra.	Ventas.	Control de Calidad.	Entrega de especificaciones propias de la obra (ver 8.3 sobre la objetividad de las especificaciones). Presentar información del comportamiento histórico de los agregados y el concreto en la zona de trabajo a directores de Obra Foránea. Enviar información al dueño de la obra sobre los beneficios del uso del concreto a largo plazo.
Solicitud de cotizaciones.	Disponibilidad de las especificaciones.	a) Ventas.	Control de Calidad.	Revisión de las especificaciones y aclaraciones de las mismas de parte del director de la obra.
		b) Control de Cal.	Ventas.	Analizar alternativas de diversos proporcionamientos.
		c) Control de Cal.	Oficina de materia prima.	Determinar la disponibilidad y costos de materiales especiales.
		d) Control de Cal.	Operación.	Considerar los requerimientos de entregas y equipos especiales para estimar los costos.
Pláticas previas a la cotización.	Dónde y cuándo.	Ventas.	Control de Calidad.	Resolución de requerimientos de especificaciones conflictivas o exageradamente restrictivas. Aclarar la responsabilidad en los puntos especiales (por ejemplo: adición de aditivos en la obra) y tomar providencias para costos de pruebas extras si el concreto es especificado de alta resistencia o especial.

Etapa de la Obra	Información	De	Para	Acción requerida o solicitada
Asignación de la Obra.	Nombre del Contratista (cliente).	Ventas.	Control de Calidad.	Información técnica para el contratista, incluyendo la historia del comportamiento del concreto de la compañía en trabajos anteriores similares. Información disponible de concretos especiales que reduzcan el costo de la mano de obra y optimicen el uso de las cimbras.
Selección del proveedor de concreto.	Venta lograda.	a) Ventas. b) Control de Cal. c) Control de Cal. d) Control de Cal. e) Control de Cal.	Control de Calidad. Oficina de materia prima. Operación. Despachador. Administración	Si es el caso presentar el diseño del proporcionamiento. Orden de materiales especiales para el concreto. Tablas de proporcionamiento para los pesadores. Lista de mezclas de trabajo con las mezclas especiales subrayadas de rojo; propiedades especiales del concreto y requerimientos de entrega. Identificación de las mezclas y cantidad de materiales.
Plática antes de la construcción.	Dónde y cuándo.	Ventas.	Control de Calidad.	Utilizar la lista de verificación de control de calidad (sección 2 del Manual de Control de Calidad y Apéndice C de esta Sección).
Inicio de la obra.	Aviso de los esfuerzos realizados antes de la primera entrega.	Ventas.	Control de Calidad.	Pruebas previas para materiales especiales en el cumplimiento de la especificación. Revisión del manejo de materiales (ejemplo: saturación del agregado ligero que va a ser colocado por bomba) y correcciones pertinentes de la información al pesador.

Etapa de la Obra	Información	De	Para	Acción requerida o solicitada
Durante la obra.	Programa de colocación.	Despachador.	Control de Calidad.	Representante de Control de Calidad - revisará las órdenes del próximo día para que se utilice la correcta mezcla y se asigne personal de Control de Calidad de campo sobre la base del trabajo prioritario y el tipo de concreto ordenado.
	Reportes de la resistencia a compresión elaboradas por un laboratorio independiente; comentarios del cliente sobre el cumplimiento del producto.	a) Gerente Técnico. b) Gerente Técnico.	Personal de Control de Calidad. Gerencia	Registro con los datos de prueba; investigación de las causas de las fluctuaciones en la resistencia, y otros problemas de la obra. Revisión semanal del comportamiento del producto; acciones requeridas según se necesite para el cumplimiento de las especificaciones, uniformidad del producto y la satisfacción del cliente.
Terminación de la obra.	Resumen de los datos de prueba; evaluación estadística.	Control de Calidad. Control de Calidad.	Gerencia de Operaciones Ventas.	Revisar el nivel del cumplimiento de las plantas. Recomendaciones para mejorar los proporcionamientos en proyectos futuros, dejando registro de ello. Sugerencias para uso promocional de los datos de la obra.

TEMAS PARA LA CAPACITACION DEL PERSONAL

<u>Personal de Control de Calidad:</u>	
Muestreo y prueba de los materia <u>les</u> del concreto.	Procedimientos para el control de - revenimiento.
Preparación de las tablas de bá <u>s</u> cula.	Proporcionamientos básicos, mezclas de prueba.
Observaciones de los diseños de mezclas.	Procedimientos de laboratorio.
Inspección a la dosificadora y - mezcladora.	Laboratorio de Control de Calidad.
Límites de calidad y procedimien <u>tos</u> en caso de no cumplir.	Atención a problemas de bajas resis- tencias y generación y registro de - los mismos.
Investigación de resultados de - prueba anormales (datos del con- trol de calidad y pruebas del la boratorio de verificación).	Programa de pruebas y consideración a las prioridades de la obra.
Evaluación estadística de los da <u>tos</u> de resistencia a compresión.	Procesado y archivo de los reportes de las pruebas.
Comunicaciones internas de la - compañía.	Innovaciones en la tecnología del - concreto.
Comunicación con el cliente.	Procedimientos de seguridad.
<u>Pesadores de Planta:</u>	<u>Operadores de Unidad Motorevolvedora:</u>
Tecnología básica del concreto.	Tecnología básica del concreto.
Tipos de concreto y materiales para el concreto.	Tipos de concreto y materiales para el concreto.
Pruebas de humedad en los agrega <u>dos</u> y correcciones.	Requisitos de mezclado inicial y - posterior a las adiciones de agua.
Efectos en los cambios de los ma <u>teriales</u> (granulometría, peso es <u>pecífico</u>).	Procedimientos para el control de - revenimiento.
Procedimientos para el control - del revenimiento.	Política de la compañía con respec <u>to</u> a las adiciones de agua en la -- obra

Continúa sig. página

<p style="text-align: center;"><u>Pesadores de planta:</u> (continuación)</p> <p>Inspección de la planta (Lista de Verificación CTC).</p> <p>Política de la compañía sobre el manejo del concreto rechazado.</p> <p>Arreglo de concretos mal pesados.</p> <p>Toma de inventario y causas potenciales de pérdidas de inventario.</p> <p>Entrenamiento en la mecánica de - las básculas mecánicas u otro - equipo de pesado.</p> <p>Ajustes en el rendimiento del con- creto ligero.</p> <p>Procedimientos de control de cali- dad en el manejo de materiales.</p> <p>Decisión sobre el concreto rechaza- do.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Operadores de</u> <u>Unidad Motorevolvedora</u> (continuación)</p> <p>Mantenimiento del mezclador de la - unidad (Lista de Verificación del - CTC).</p> <p>Procedimientos de prueba: correctos e incorrectos.</p> <p>Política de la compañía sobre el ma- nejo del concreto rechazado y del - concreto aparentemente mal pesado.</p> <p>Prácticas correctas en el manejo y acabado del concreto.</p> <p>Manejo inicial de las reclamaciones del cliente acerca de la calidad -- del producto.</p> <p>Decisión sobre el concreto rechaza- do en la obra.</p>
<p><u>Despachador/Personal de Oficina:</u></p> <p>Tecnología básica del concreto.</p> <p>Tipos de concretos y materiales - para concreto.</p> <p>Procedimientos para el control - del revenimiento.</p> <p>Sistema de identificación de mez- clas.</p> <p>Manejo de las quejas y reclamacio- nes del cliente acerca de la cali- dad del producto.</p> <p>Decisiones al rechazo del concre- to en la obra.</p> <p>Política de la compañía sobre el manejo del concreto rechazado.</p>	<p><u>Representantes de Ventas:</u></p> <p>Tecnología básica del concreto.</p> <p>Tipos de concreto y materiales para concreto.</p> <p>Sistema de identificación de mez-- clas.</p> <p>Revisión de las especificaciones.</p> <p>Manejo de las quejas y reclamacio- nes del cliente acerca de la cali- dad del producto.</p> <p>Decisiones al rechazo del concreto en la obra.</p> <p>Procedimientos para el control del revenimiento.</p> <p style="text-align: right;">Continúa sig. página</p>

<p><u>Despachador/Personal de Oficina:</u> (continuación)</p> <p>Comunicaciones internas de la compañía.</p>	<p><u>Representantes de Ventas:</u> (continuación)</p> <p>Reportes de resistencia y su uso - promocional.</p> <p>Innovaciones en la tecnología del concreto.</p>
--	--

APENDICE A

LISTA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)

NOM C -	1	Cemento Portland.
NOM C -	2	Calidad para Cemento Portland Puzolana.
NOM C -	30	Muestreo de Agregados.
NOM C -	49	Método de prueba para la determinación de la finura de cementantes hidráulicos mediante la Malla No. 325.
NOM C -	55	Método de prueba para determinar la finura de los cementantes hidráulicos (Método Turbidimétrico).
NOM C -	56	Determinación de la finura de los cementantes hidráulicos (Método de Permeabilidad al aire).
NOM C -	57	Método de prueba para determinar la consistencia normal de cementantes hidráulicos.
NOM C -	58	Método de prueba para determinar el tiempo de fraguado en cementantes hidráulicos (Método de Gillmore).
NOM C -	59	Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (Método de Vicat).
NOM C -	61	Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
NOM C -	71	Método de prueba para determinar terrones de arcilla en agregados finos y gruesos.
NOM C -	73	Determinación del peso unitario de los agregados.
NOM C -	77	Método de prueba para análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.
NOM C -	83	Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
NOM C -	84	Método de prueba para determinar por medio de lavado de materiales que pasan la malla No. 200 en los agregados minerales.
NOM C -	88	Determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino.
NOM C -	111	Agregados para concreto.
NOM C -	131	Determinación del análisis químico de cementantes hidráulicos.
NOM C -	132	Método de prueba para la determinación de fraguado falso de cemento portland por el método de pasta.
NOM C -	155	Concreto Premezclado.
NOM C -	162	Determinación del contenido de aire, peso unitario y rendimiento del concreto.
NOM C -	164	Determinación del peso específico y de la absorción del agregado grueso.
NOM C -	166	Determinación del contenido total de humedad de los agregados mediante secado.
NOM C -	170	Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.
NOM C -	175	Calidad para cemento portland de escoria de alto horno.
NOM C -	179	Muestreo y Ensaye de ceniza volante o puzolana natural para usarse como aditivo mineral en el concreto (ASTM C-311).

NOM	C - 196	Resistencia a la abrasión del agregado grueso de tamaño grande usando la máquina de Los Angeles.
NOM	C - 199	Nomenclatura de aditivos químicos para concreto.
NOM	C - 200	Calidad para aditivos inclusores de aire para concreto.
NOM	C - 219	Resistencia a la abrasión de agregado grueso de tamaño pequeño usando la máquina de Los Angeles.
NOM	C - 245	Determinación de la humedad superficial del agregado fino.
NOM	C - 255	Aditivos químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto.
NOM	C - 299	Industria de la Construcción - Concreto Estructural - Agregados Ligeros. Especificaciones.
NOM	C - 917	Evaluación de la uniformidad de la resistencia del cemento.
ASTM	C - 989	Escoria de alto horno para usarse en concreto y mortero.
ASTM	D - 98	Cicluro de Calcio.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

Manual ACI del Concreto:

Parte 1	Materiales y propiedades generales del concreto.
Parte 2	Prácticas de construcción e inspección de pavimentos.
Parte 3	Uso del concreto en edificación - Diseño, especificaciones y temas afines.
Parte 4	Puentes, subestructuras, uso sanitario y otras estructuras especiales.
Parte 5	Albañilería, concreto precolado y procedimientos especiales.
ACI 116-R-78	Terminología de Cemento y Concreto.
ACI 201.1-R-68	Gua para inspección de concreto en servicio.
ACI 211.1-81	Práctica para dosificar concreto normal, concreto pesado y concreto masivo.
ACI 212.2-R-81	Aditivos para concreto.
ACI 213-R-79	Gua para concreto ligero estructural.
ACI 221-R-61	Selección y uso de agregados para concreto.
ACI 301-81	Especificaciones para concreto estructural en edificios.
ACI 318-77	Reglamento de Construcciones de concreto reforzado.

NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION (NRMCA)

NRMCA	53	Efecto de las condiciones de curado sobre la resistencia a la compresión de especímenes de prueba.
NRMCA	133-79	Práctica recomendada para la evaluación de la resistencia del concreto en el lugar.

NRMCA 154	Güfa y consejos para proporcionar concreto normal.
NRMCA 157	Concreto premezclado.
NRMCA 159	Manual del Operador de la planta dosificadora de concreto.
NRMCA 166	Manual del Chofer.
NRMCA	Certificación de las instalaciones de producción de concreto premezclado.
NRMCA/TMB	Normas para el camión mezclador y agitador.
NRMCA/CPMB	Normas para plantas de concreto.
NRMCA/	Certificación de Técnico de campo.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA)

EB 001.11T	Diseño y Control de Mezclas de Concreto (traducción - Editorial Limusa).
PA 122.02H	Güfa para morteros de cemento.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)

Libro anual de Normas ASTM:

- * Volumen 04.02 Concreto y Agregados Minerales.
- * Volumen 04.01 Cemento, Cal y Yeso.

STP 169-B	Importancia de las pruebas y propiedades del concreto y materias primas.
-----------	--

* Nota : Estos volúmenes eran anteriormente las partes 13 y 14.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO (IMCYC)

PGV-	Producción de grandes volúmenes de concreto (NRMCA 159)
RC - 1	Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-77)

Serie "Concrete in Practice" de la NRMCA, traducidas en las revistas - IMCYC Nos.:

97 pág. 41	Superficies de concreto polvorientos (CIP 1).
98 pág. 55	Descascaramiento de las superficies de concreto (CIP 2)
99 pág. 53	Agrietamiento en las superficies de concreto (CIP 3).
101 pág. 54	Agrietamiento de las superficies de concreto (CIP 4).
103 pág. 50	Agrietamiento por contracción del concreto (CIP 5).

105 pág.	54	Juntas en losas de concreto (CIP 6).
109 pág.	52	Grietas en los muros de cimentación de concreto (CIP 7)
107 pág.	60	Diferencias en el rendimiento del concreto (CIP 8).
146 pág.	56	Resistencias bajas de los cilindros de concreto (CIP 9)
148 pág.	64	Resistencia del concreto en el sitio (CIP 10).
150 pág.	60	Curado del concreto en obra (CIP 11).
152 pág.	52	Colado del concreto en clima caliente (CIP 12).
154 pág.	50	Burbujas en la superficie de concreto (CIP 13).
NS	2	Práctica para dosificar concreto normal, concreto pesado y concreto masivo (ACI 211.1-81).
NS	7	Aditivos para concreto (ACI 212).

CENTRO TÉCNICO DEL CONCRETO (CTC)

--	Manual del Chofer (NRMCA 166)
--	Certificación de las instalaciones de producción de concreto premezclado (NRMCA)
--	Tip No. 4: Práctica recomendada para la evaluación de la resistencia del concreto en el lugar (NRMCA 133).

PUBLICACIONES PERIÓDICAS :

Revista	Concrete International del ACI (gratuita para los miembros del ACI).
Revista	Concrete (Editorial Pit & Quarry).
Revista	Concrete Products (Editorial McLean Hunter).
Revista	Concrete Construction (Editorial Concrete Construction)
Revista	IMCYC (publicada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C.)

Nombre y Dirección: _____ Cliente: _____

Distancia a la obra: _____

Fecha de iniciación: _____

Tiempo estimado de traslado (ida y vuelta): _____ Tipo de construcción _____

	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4
1. Resistencia requerida (Kg/cm ²) (TIPO)	_____	_____	_____	_____
2. Volumen estimado (M ³)	_____	_____	_____	_____
3. Consumo mínimo de cemento	_____	_____	_____	_____
4. Relación agua-cemento máxima	_____	_____	_____	_____
5. Tipo de cemento	_____	_____	_____	_____
6. Edad a la que se garantiza la resistencia	_____	_____	_____	_____
7. Contenido de aire y su tolerancia.	_____	_____	_____	_____
8. Revenimiento requerido	_____	_____	_____	_____
9. Tamaño máximo del agregado grueso.	_____	_____	_____	_____
10. Aditivos -- inductor de aire	_____	_____	_____	_____
-- retardante	_____	_____	_____	_____
-- impermeabilizante	_____	_____	_____	_____
-- cloruro de calcio o acelerante	_____	_____	_____	_____
-- Superfluidificante	_____	_____	_____	_____
-- Otros	_____	_____	_____	_____

11. Especificaciones o Normas vigentes en la Obra:

12. Requisitos de prueba y quién y con qué criterio los establece:

13. Diseños de mezcla -- Aprobado en campo _____ Laboratorio _____
14. ¿Se requiere un plan de control de calidad?
Si _____ No _____
15. Posibles procedimientos de colocación:
- Descarga directa del camión _____
 - Malacate con bote (tamaño) _____
 - Bomba, marca y tamaño _____
 - Transportador de banda _____
 - Otros _____
16. Comentarios a las especificaciones _____

17. Curado en obra:
- Del concreto en los elementos constructivos _____
 - De los especímenes de prueba _____
-
-

fecha

Para:

Asunto: Reunión previa a los colados.

Propósito: Definir y asignar responsabilidades.

Personal que debe asistir: Representante del Contratista,
Director responsable de obra o su representante,
Ingeniero Estructurista,
Laboratorio de Verificación,
Gerente Técnico del Productor de Concreto,
Otros, según sea el caso.

Fecha de la reunión _____

Hora de la reunión _____

Lugar de la reunión _____

ORDEN DEL DIA PROPUESTO

- A. Ubicación y nombre de la obra.
- B. Asistentes.
- C. Distribución del tiempo de la reunión.
- D. Materiales para el concreto y diseños de las mezclas.
- E. Responsabilidades de Inspección.
- F. Requisitos de Muestreo y Prueba. Normas.
- G. Almacenamiento y transporte de especímenes. Normas.
- H. Responsabilidades y Autoridad para aceptar o rechazar el concreto fresco.

- I. Distribución de los reportes de prueba.
- J. Pruebas del concreto endurecido en el sitio.
- K. Asuntos varios.

APÉNDICE C - 2

EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN QUE DEBE SOLICITARSE EN LA REUNIÓN PREVIA A LOS COLADOS.

Fecha :

Asunto : Orden del Día de la Reunión previa a los colados:

- Lugar en la obra para el muestreo;
- Inspección del concreto estructural;
- Prueba.

Propósito : Definir y asignar responsabilidades.

Personal que debe asistir : Superintendente o representante del Contratista, Director responsable de obra o su representante, Ingeniero estructurista, Laboratorio de Verificación, Gerente Técnico del Productor de Concreto, Otros, según sea el caso (es recomendable que el personal técnico de la Compañía Productora de Concreto maneje la Orden del Día y el control de tiempo).

A. Ubicación y nombre de la obra : _____

B. Participantes de la obra :

1. Propietario o su representante _____
2. Director responsable de obra _____
3. Ingeniero estructurista _____
4. Contratista o Gerente de contratista _____
5. Productor de Concreto _____
6. Laboratorio de Verificación _____
7. Inspector de la obra _____

C. Distribución del tiempo de la Reunión :

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

D. Materiales para el concreto y diseño de la mezcla:

1. ¿Ha sido aprobado el diseño de la mezcla?

2. El personal del contratista deberá estar familiarizado con la identificación de las mezclas para hacer los pedidos. Información suplementaria para hacer el pedido (reventamiento, tamaño máximo del agregado, edad a la que se garantiza la resistencia, otras). Indicaciones del tipo de colocación cuando se pida el concreto (grúa, bomba, canal, otros).

E. Responsabilidades de la Inspección:

1. Requisitos de Inspección de la planta.

- a) ¿Tiempo completo? _____
- b) ¿Tiempo parcial? _____
- c) ¿No se requiere? _____

2. Quién es el responsable de la inspección y/o aprobación de:

- a) ¿Cimbrado y armado? _____
- b) ¿Colocación y consolidación del concreto? _____
- c) ¿Acabado? _____
- d) ¿Curado? Métodos requeridos: _____

Periodos de curado: _____

e) ¿Descimbrado? _____

-- ¿Cuál es la mínima resistencia que se necesita para descimbrar? _____ Kg/cm². ¿Qué reporte formal se necesita para descimbrar? _____

- ¿Qué tipo de pruebas de campo o resistencia en el lugar, si son usadas? _____

- Nombre (s) de personal autorizado que aprueba el descimbrado: _____

F. Muestreo de concreto y requisitos de las pruebas especificadas:

1. ¿Cuál es la frecuencia de muestreo? _____

2. ¿Qué pruebas se realizan a cada muestra? _____

3. ¿Número de cilindros/muestra? _____
4. ¿Cómo se van a curar los cilindros? ¿En el campo? ¿En el -
laboratorio? _____

5. ¿A qué edades se van a probar los cilindros? _____

6. ¿Es necesario reservarse cilindros? _____ Si así es, -
¿cuántos? _____

G. Almacenamiento y transporte de cilindros:

1. ¿Quién proporcionará la caja o el lugar protegido para almace-
nar los cilindros en la obra? (Nota: Referencia ACI 301)

2. ¿Quién es responsable de mantener la temperatura en la caja o
lugar protegido de almacenamiento entre 16 y 27° C, durante -
las primeras 24 horas después de que los cilindros fueron ela
borados?

3. Describa de qué manera la temperatura de la caja o lugar proteg
ido de almacenamiento será mantenida.

4. ¿Cuando los cilindros de prueba se hagan en el día anterior a
días feriados, se transportarán al laboratorio en este día?

5. Describa los arreglos para entrar al lugar de la obra en días
feriados:

- H. Autoridad y responsabilidad de la aceptación o rechazo del concreto fresco.
1. ¿Qué personal del contratista tiene la autoridad para agregar agua al concreto en la obra?

 2. ¿Quién tiene la autoridad de rechazar un concreto entregado?

 3. ¿Por qué razones pueden los concretos entregados ser rechazados y cuando? Revise las tolerancias de aceptación.
 - a) ¿Revenimiento? _____
 - b) ¿Contenido de aire? _____
 - c) ¿Peso unitario? _____
 - d) ¿Demasiado caliente? _____
 - e) ¿Demasiado frío? _____
 - f) ¿Tiempo? _____
 - g) ¿Otros? _____
 4. ¿Se permite la repetición de pruebas antes del rechazo?

 5. ¿Rendimiento especificado? (Generalmente basado en el promedio de tres entregas del Peso Unitario).

I. Distribución de reportes y criterio de aceptación:

1. ¿Cuál será la distribución de los reportes de las pruebas? (Su giera a todos los participantes en la obra --véase el párrafo B anterior--, sin embargo el productor de concreto premezclado ~~debe recibir una copia directamente del laboratorio para permitir una acción oportuna ante cualquier deficiencia~~).

2. ¿Cuál es el criterio de aceptación?
 - a) NOM C - 155 _____
 - b) Reglamento del D.D.F. Sección 10.3 _____
 - c) ACI 318, Sección 4 _____
 - e) Otros _____

J. Pruebas de concreto endurecido en el lugar:

1. ¿En qué situaciones serán necesarias pruebas adicionales?

¿Cómo se manejan en las especificaciones del proyecto las pruebas adicionales?

2. Si se necesitan pruebas adicionales, el Sr. _____ notificará a los siguientes participantes:

3. ¿Qué procedimiento de investigación se usará?

4. ¿Quién selecciona a los que realizarán las pruebas?

5. ¿Cómo serán evaluados los resultados de las pruebas?

6. ¿Quién pagará el costo de las pruebas adicionales?

K. Programa de las entregas de concreto:

1. a) Programa de colados _____
- b) Aviso anticipado de 2 días necesarios para los colados principales; o para uso de concreto especial (ligero, bombeado, alta resistencia, arquitectónico, de temperatura controlada, concreto superplastificado).
- c) Aviso anticipado de 1 día o 24 horas requeridas para entregas regulares.
- d) El número telefónico del productor de concreto para cancelaciones de último minuto (debido al tiempo u otra contingencia).

e) Aviso anticipado de 1 día o 24 horas requeridas para que - el Laboratorio de Verificación de pruebas programe su personal.

2. ¿Duración esperada de la obra?

3. Otros asuntos:

J. Pruebas de concreto endurecido en el lugar:

1. ¿En qué situaciones serán necesarias pruebas adicionales?

¿Cómo se manejan en las especificaciones del proyecto las pruebas adicionales?

2. Si se necesitan pruebas adicionales, el Sr. _____
_____ notificará a los siguientes participantes:

3. ¿Qué procedimiento de investigación se usará?

4. ¿Quién selecciona a los que realizarán las pruebas?

5. ¿Cómo serán evaluados los resultados de las pruebas?

6. ¿Quién pagará el costo de las pruebas adicionales?

K. Programa de las entregas de concreto:

1. a) Programa de colados _____

- b) Aviso anticipado de 2 días necesarios para los colados principales; o para uso de concreto especial (ligero, bombeado, alta resistencia, arquitectónico, de temperatura controlada, concreto superplastificado).
- c) Aviso anticipado de 1 día o 24 horas requeridas para entregas regulares.
- d) El número telefónico del productor de concreto para cancelaciones de último minuto (debido al tiempo u otra contingencia).

- e) Aviso anticipado de 1 día o 24 horas requeridas para que el Laboratorio de Verificación de pruebas programe su personal.

2. ¿Duración esperada de la obra?

3. Otros asuntos:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

**TEMA : CONCRETOS ESPECIALES Y PREFABRICADOS
APENDICE
BIBLIOGRAFIA**

1996

CONCRETOS ESPECIALES

1. CONCRETO CON AGREGADOS ESPECIALES
 1. CONCRETOS LIGEROS
 - 1.1 CONCRETOS LIGEROS ESTRUCTURALES
 - 1.2 CONCRETOS LIGEROS AISLANTES
 2. CONCRETOS DENSOS
2. CONCRETO POLIMERIZADO
3. CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS

CONCRETOS ESPECIALES

CONCRETOS CON AGREGADOS ESPECIALES

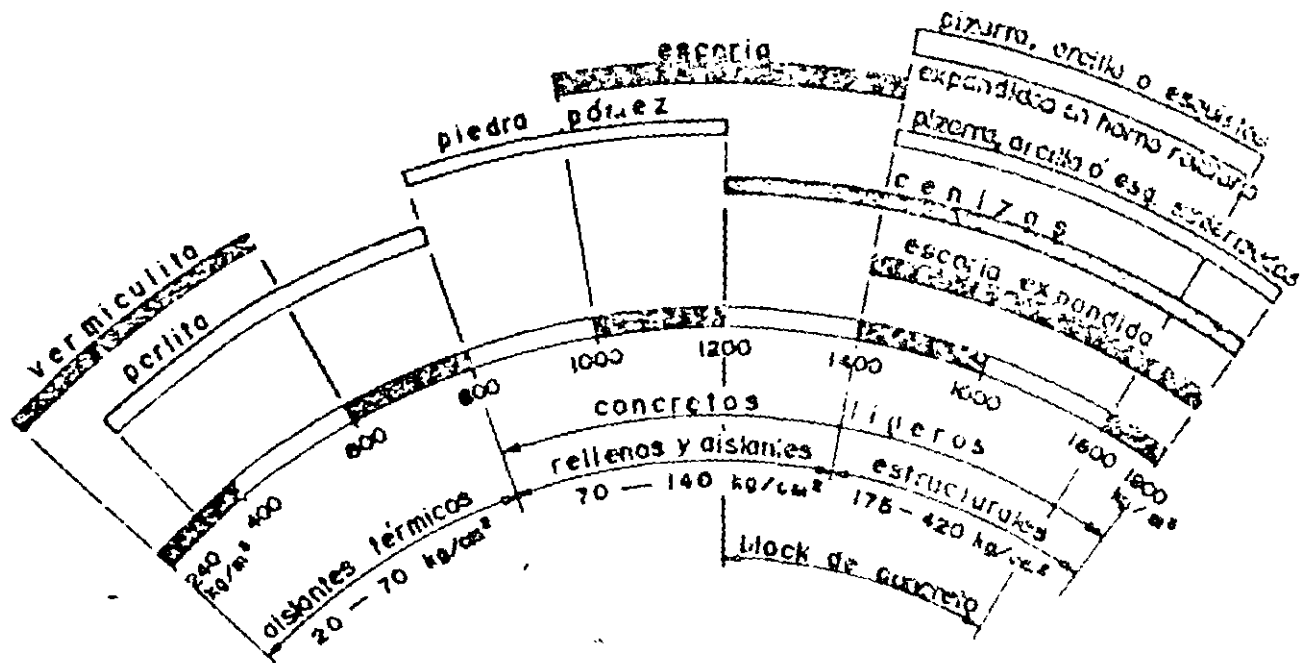
Concretos ligeros

El concreto ligero es como el concreto ordinario, una piedra hecha de agregados inorgánicos, cementante y agua. El concreto ligero tiene ventajas sobre el ordinario cuando se requiere una menor densidad y una mayor porosidad para una resistencia dada.

Fue conocido desde la mitad del siglo pasado pero su uso no se extendió sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial. Hay muchos factores que explican el progreso de este material.

~~Es un hecho bien conocido que la capacidad de aislamiento térmico de un~~
 material es inversamente proporcional a su densidad, y es por esta razón que, estructuras con menor peso que el convencional llegan a ser imprescindibles en donde se requiere tanto resistencia mecánica como aislamiento térmico, como es el caso de los muros de rigidización.

La importancia del concreto ligero se justifica aún más si consideramos que de acuerdo con la experiencia del pasado para un aislamiento de una casa o edificios se necesitaba de una pared de tabique de 14 cm de espesor, los mismos requerimientos térmicos se pueden lograr con paredes de concreto



espectro de concretos ligeros

ligeró de 9 cm de espesor. La disminución tanto del peso como del espesor del muro afecta considerablemente los tamaños y costos de las cimentaciones. La disminución de la densidad de los materiales de albañilería permite el uso de edificios más grandes con las consiguientes economías además de las mencionadas anteriormente.

El uso de elementos precolados en fábrica desplaza continuamente a los materiales convencionales en la construcción en nuestros días. El uso de concreto ligero en la prefabricación ofrece ventajas además de las explicadas anteriormente por el hecho de los elementos prefabricados, tienen menor peso y facilitan su manejo; pueden hacerse de mayor tamaño, algunas veces de 12 a 16 veces más grandes que las unidades colocadas con concreto de peso normal.

Sin embargo la disminución del peso de un concreto en general reduce su resistencia. Solamente materiales de construcción ligeros con una densidad predeterminada son aceptables para el aislamiento térmico. Debido a las propiedades mecánicas no se puede hacer una clasificación estricta entre el concreto estructural y los materiales aislantes: sin embargo, existe la siguiente clasificación en dos grupos de acuerdo con su densidad.

Aislantes térmicos, sin capacidad estructural ... 300 a 800 kg/m³

~~Concretos estructurales ligeros con propiedades adecuadas de aislamiento térmico 800 a 1600 kg/m³~~

1.1 Concretos Ligeros Estructurales

La relación agua-cemento aplicada a los cementos estructurales de peso normal es aplicable hoy día a los concretos ligeros gracias a una serie de investigaciones extensísimas hechas principalmente en los Estados Unidos, para poder conocer el comportamiento de estos concretos con respecto a sus propiedades peculiares tales como:

El alto contenido de cemento en estos concretos se debe a la gran demanda de agua de los agregados. Este hecho provocó una serie de investigaciones para conocer los perjuicios que podría ocasionar una excesiva generación

de calor, lo cual es perjudicial ya que se presentan agrietamientos excesivos, etc. El módulo de elasticidad en relación con el peso y la resistencia era necesario determinarlo encontrándose finalmente relaciones muy bien definidas de estas tres características.

La conductividad térmica debido a las ventajas que presenta el concreto ligero fue estudiada ampliamente, hasta obtener relaciones directas con respecto al peso del concreto.

La resistencia al fuego, la penetración de agua y absorción, así como muchas otras propiedades del concreto ligero han sido investigadas, y hoy sus limitaciones y aplicaciones se conocen perfectamente bien.

En cuanto a su uso en combinación con el acero en el concreto reforzado el Instituto Americano del Concreto incluye en su "Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado" (ACI 318-63), los factores para el dimensionamiento de elementos estructurales con concreto ligero tal como lo hace para concreto de peso normal, tanto para el diseño elástico como para el diseño plástico o al último esfuerzo.

La Industria del Concreto Premezclado puede actualmente ofrecer concretos ligeros para uso estructural, con la misma facilidad que entrega concreto de peso normal.

Las limitaciones de estos concretos son muy relativos:

No se puede pensar en el uso de concretos, realmente ligeros, con resistencias mayores a los 250 kg/cm².

El costo de estos concretos tanto por la manufacturación de los agregados como por los consumos altos de cemento es un 30 por ciento más alto que el concreto de peso normal.

Los módulos de elasticidad más bajos provocan al concreto deformaciones que, aunque controladas, pueden significar en algunos casos una limitación.

En el uso de elementos prefabricados el concreto ligero tiene algunas ventajas y desventajas peculiares.

Entre las ventajas podremos señalar una mayor ligereza de los elementos precolados, que facilita el montaje, transporte y diversos movimientos propios de este sistema de construcción. Entre las desventajas podemos anotar que el uso del concreto ligero no puede tener un uso muy extenso en el concreto presforzado.

1.2 Concretos Aislantes

Los concretos para aislamiento térmico tienen un peso unitario que varía entre los 300 y 800 kg/m³ y una resistencia a la compresión a los 28 días desde 20 hasta 70 kg/cm²; estos concretos pueden ser agrupados como sigue:

Grupo 1: aquellos hechos con agregados de materiales expansivos como la perlita o vermiculita.

Grupo 2: aquellos manufacturados con agregados productos de la expansión, calcinación o sinterización, tales como la escoria de alto horno, pizarras distomita, cenizas, arcilla o esquistos, o mediante el proceso de materiales naturales como la piedra pómez, escoria o tobas.

Grupo 3: aquellos hechos por la incorporación de una pasta de cemento o un mortero cemento-arena de una estructura uniforme celular de vacíos mediante el uso de espuma preformada o formada en el lugar.

Los agregados usados en los dos primeros grupos corresponden a la "Especificación para Agregados Ligeros para Concreto Aislante" (ASTM C 332).

~~Descripción de las mezclas: Los concretos manufacturados con Perlita o Vermiculita contienen generalmente de 120 a 250 lt de agregado por cada 50 kg de cemento, dependiendo del peso y resistencia deseada. El contenido de aire puede ser del 25 al 35 por ciento. Debido a la naturaleza de los agregados, es difícil medir el contenido de aire de estos concretos con precisión y generalmente no se intenta.~~

Las mezclas del 2o. grupo son estimadas generalmente sobre la base de volúmenes aparentes de los agregados, cuando los agregados estén húmedos. Las proporciones varían de 120 a 400 lt de agregado por cada 50 kg de cemento para los concretos aislantes hechos con piedra pómez, pizarra y escoria

expandidas. Algunas de estas mezclas se hacen sin agregado fino, pero tienen un contenido de aire del 25 al 35 por ciento. Los contenidos de cemento varían entre 100 y 350 kg de cemento por cada m^3 de la mezcla dependiendo del contenido de aire, la graduación del agregado y las proporciones de la mezcla. Los concretos celulares del Grupo 3o. o sea los que contienen de 250 a 550 kg de cemento por metro cúbico de la mezcla, tienen pesos unitarios, secados al horno, entre 250 y 650 kg/m^3 . Concretos celulares que contienen arena, con 250 kg de cemento por metro cúbico y con 60, 90 y 120 lt de arena por cada 50 kg de cemento tienen pesos secos de aproximadamente 90, 120 y 150 kg por cada metro cúbico de concreto.

Con los concretos realizados por medio de espuma se obtienen mezclas que pesan de 800 a 1700 kg/m^3 . Con este sistema se obtienen pesos volumétricos con una precisión del 5 por ciento de las deseadas usando cálculos sobre volúmenes y pesos absolutos.

El consumo de agua que en concreto normal es aproximadamente 175 lt por metro cúbico, varía considerablemente en estos concretos, dependiendo de las características del agregado, la inclusión de aire y las proporciones de la mezcla. Los concretos con vermiculita generalmente requieren entre 470 y 500 lt/m^3 . Los concretos con perlita de 250 a 300 lt/m^3 . Los concretos sin finos hechos con pómez, con pizarras y escorias expandidas requieren de 150 a 170 lt de agua por metro cúbico, contenidos de aire del 20 al 35 por ciento y 280 kg de cemento por metro cúbico. Los concretos celulares puros requieren de 200 a 300 lt/m^3 de agua para pesos de 300 a 700 kg/m^3 respectivamente. Para las mezclas de cemento-arena los requerimientos de agua fluctúan en los 125 y 220 kg/m^3 .

No deben usarse acelerantes que contengan Cloruro de Calcio cuando la lámina de acero galvanizado permanezca en contacto permanente con el concreto. Trabajabilidad de las mezclas. Debido a su alto contenido de aire los concretos aislantes generalmente tienen una excelente trabajabilidad. Revenimientos de 18 a 20 cm son generalmente satisfactorios; sin embargo la aparien

cia de la mezcla nos da una indicaciónmás segura de la consistencia que la prueba de revenimiento.

Mezclado y Colocación. Debe evitarse un excesivo mezclado y manejo ya que estas operaciones tienden a romper las partículas cambiando el peso unitario y la consistencia. Generalmente no se tienen problemas de segregación debido al alto contenido de aire de estos concretos. El método más común en su colocación es por medio del bombeo u otro medio mecánico convencional. Estos concretos son manejados como líquidos y generalmente son colocados en la forma sin ningún vibrado.

Concretos celulares sin arena y con un peso menor de los 600 kg/m^3 , no son manejados satisfactoriamente con camiones de concreto premezclado.

La espuma preformada es generada introduciendo cantidades controladas de aire, agua y espumante bajo presión en una boquilla especial. La espuma preformada debe ser añadida al camión en la obra un momento antes de la colocación del concreto. Los camiones revolvedores solamente pueden trasportar las dos terceras partes de su capacidad a causa del aumento del volumen debido a la espuma.

Cuando es usado concreto premezclado con vermiculita o perlita los camiones deber ser lavados y no contener grava en tamaños que dañen las bombas. Deben seguirse los siguientes procedimientos para el mezclado:

1. ~~Cuando el inclusor de aire se haya añadido a los agregados en estado seco~~ introduzcase primero el agua y el cemento y después el agregado. La mezcladora deberá girar directamente hasta que todos los ingredientes estén añadidos y aún durante un minuto más.
2. Para concreto simple, introduzcase agua, inclusor de aire, cemento y después los agregados. La mezcladora deberá girar lentamente durante la carga y aún un minuto más.
3. No deberá girar la revolvedora en la ruta a la obra. Mézclase el concreto a la llegada a la obra a una velocidad normal, hasta que se logre la uniformidad y consistencia deseadas. Las paredes interiores de la revolvedora no

deben ser lavadas entre una entrega y otra. El tiempo de descarga para estas muestras es considerablemente mayor que la de los concretos normales. Pruebas periódicas del peso unitario al tiempo y lugar de la colocación indicarán la uniformidad del concreto (ASTM C 138-63) Las variaciones deberán estar dentro de los límites especificados de 50 kg/m^3 .

Estas determinaciones del peso unitario sirven para determinar el rendimiento volumétrico ya que si conocemos el peso total de los ingredientes agregados y los dividimos entre el peso volumétrico determinado, obtendremos el volumen. Si el rendimiento volumétrico es menor del 100 por ciento, existe evidencia de una pérdida de volumen y deberá atribuirse a uno o más de los siguientes factores que deben revisarse.

1o. Asegúrese que la cantidad de la solución de inductor de aire recomendada por el fabricante se está añadiendo a cada mezcla.

2o. Asegúrese que los materiales añadidos a la mezcla han sido añadidos en el orden prefijado. Poco mezclado del concreto usualmente da resultados de pérdidas de rendimiento. Un sobremezclado puede afectar negativamente la inclusión de aire.

3o. Debe revisarse la cantidad de agua medida. Después de un minuto de mezclado de los ingredientes, el concreto a menudo puede parecer muy seco y los operarios de las revolvedoras añaden agua para obtener plasticidad. Esta cantidad extra de agua en ciertas ocasiones reduce el rendimiento.

Resistencia: Los requerimientos de resistencia dependen del uso que se le pretenda dar al concreto, por ejemplo puede ser satisfactoria una resistencia de 10 kg/cm^2 o inclusive menores, en el concreto aislante para tuberías subterráneas de transmisión de vapor. Rellenos aislantes para cubiertas requieren una resistencia temprana, lo suficientemente alta para soportar el tráfico de los trabajadores que aplican los materiales de impermeabilización Usualmente son eficientes las resistencias a la compresión para estos rellenos entre 10 y 20 kg/cm^2 . Algunas veces se especifican resistencias de más

de 35 kg/cm². En general la resistencia en los concretos aislantes es un problema de menor importancia y se debe de determinar por los métodos de prueba (ASTM C 495-66 ó C 513-63T).

2 Concretos Densos

Se han logrado obtener concretos hasta con un peso de 4 ton/m³.

La razón por la cual se ha investigado y logrado lo anterior se debe al servicio que proporcionan estos concretos como protectores contra las radiaciones nucleares. El factor principal de la elaboración de concretos especiales para la protección contra los efectos de las radiaciones nucleares es la reducción de las mismas a un nivel deseado.

Los estudios sobre este particular se iniciaron al conocerse los efectos destructivos de las radiaciones nucleares y por consecuencia, la necesidad del uso de materiales defensivos para contrarrestar el efecto de las mismas, así como la construcción de defensas para la protección de las casas habitación contra efectos de dichas radiaciones.

Los tipos de radiación que se presentan son dos:

- a. Ondas electromagnéticas (rayos X, rayos gama)
- b. Partículas nucleares (partículas alfa, partículas beta)

De las ondas electromagnéticas, la elevada energía y las ondas de alta frecuencia son los tipos de radiación que requieren defensa para la protección del personal que está expuesto a ellas; son similares a los rayos luminosos, pero de más elevada energía y mayor poder de penetración.

En el segundo caso. Las partículas nucleares consisten de átomos o partículas de éstos (neutrones, protones, etc.).

Los peligros biológicos de la radiación provienen del hecho de que las radiaciones actúan directamente sobre los tejidos humanos, perdiendo algo de su energía en el proceso. Esta energía perdida es suficiente para ionizar los átomos de las células causando por esto mismo la muerte de las mismas; si son bastantes las células afectadas el organismo muere. Se ha demostrado que las radiaciones pueden ser reducidas considerablemente de modo

que las que queden no causen daño a las personas expuestas.

Es relativamente simple la acción de reducir la intensidad de las radiaciones, ya que cualquiera de los materiales empleados para la elaboración de concretos con propósitos normales, puede servir para fines de defensa si es de suficiente espesor; sin embargo el uso de materiales de gran espesor son excluidos desde el punto de vista económico; otros materiales que sólo requieren un espesor moderado, pueden no ser prácticos por razones económicas y mecánicas.

Aunque el agua es un buen escudo neutrón, requiere un grueso excesivo para defensa de la radiación gama y los tanques de agua son relativamente frágiles y sujetos a filtración. Por otro lado aunque las defensas de plomo son muy efectivas para defensas de radiación gama, carecen de fuerza mecánica para grandes estructuras de defensas permanentes, siendo por lo tanto estos materiales raramente escogidos para instalaciones de defensa de gran magnitud, en virtud de ser antieconómicos y no completamente apropiados mecánicamente.

Afortunadamente se ha demostrado que el concreto es un excelente material defensivo para refugios grandes y permanentes, ya que posee un buen término medio para la reducción de rayos gama y rayos X, suficiente fuerza mecánica, bajo mantenimiento y costo razonable; sin embargo aunque el concreto ordinario de suficiente espesor presta una defensa satisfactoria, concretos elaborados con agregados más pesados con un costo unitario generalmente elevado, son a menudo preferibles, debido al requerimiento de menor espesor.

Homogeneidad. Suponiendo que ha sido calculado el espesor requerido para la defensa, el mayor requisito de efectividad de la defensa es la homogeneidad del concreto. Esto es necesario ya que de otro modo el concreto elaborado con materiales distintos a aquellos en el cual se basó el proyecto de espesor, resulta inadecuado debido a que permitirá el paso de las radiaciones nucleares en mayores cantidades a las previstas, por

las oquedades y juntas en el concreto, por mala colocación y vibrado de éste.

Impermeabilidad. Otra de las propiedades principales del concreto de defensa, es la impermeabilidad al agua y al gas. Se requiere especial atención para lograr que estas propiedades se cumplan, cuidando la correcta selección de agregados y contenido de cemento, así como la correcta colocación y vibrado del concreto empleado.

Problemas mecánicos. Varios problemas mecánicos se presentan en la construcción de los más grandes refugios, debidos a los requerimientos de éstos, según sean los propósitos de operación o experimentales, lo que representa cambios en la práctica de elaboración del concreto. Para solucionar esto se requiere un cuidadoso manejo del concreto para evitar la segregación del mismo. Para el concreto de alta densidad, las presiones sobre las paredes que les sirven de contención durante el colado, son más grandes que en los concretos comunes; las características de contracción del concreto de alto contenido de agua, requieren especial atención para prevenir la segregación, y el uso de vibrador en el concreto debe considerarse cuidadosamente, para evitar excesos en su empleo con la consiguiente pérdida de homogeneidad. En general siempre se obtiene la resistencia adecuada del concreto, pero la manejabilidad del concreto que contiene pedazos angulares de fierro viejo debe investigarse para asegurar un colado correcto.

Tipos de concretos. Tomando en consideración que el nuevo tipo de concreto elaborado con propósitos de defensa contra las radiaciones nucleares tiende a universalizarse, datos valiosos al respecto han sido aportados por tecnólogos en la materia, físicos y químicos, que en la actualidad han tomado un papel importante.

Aunque la literatura sobre el concreto para defensa contra las radiaciones nucleares no es muy extensa, conviene ver aunque someramente los estudios

y consideraciones hechos hasta la fecha, los cuales han llevado a determinar el uso de este nuevo tipo de concreto elaborado con agregados especiales así como las bases de comparación de él y el concreto usado para propósitos normales.

La mayor parte de lo publicado concierne a las características del concreto de alta densidad, en los cuales se usan como agregados el mineral de hierro o barita. Muchos problemas surgen con referencia a clasificación, manejabilidad, segregación y otros factores.

Los efectos de estos factores no han sido discutidos y estudiados a fondo y los estudios, experimentos e investigaciones al respecto, siguen siendo llevados a cabo por tecnólogos ofreciendo mejoras en las cualidades de defensa y con beneficios económicos, facilitando mezclas de concreto de alta densidad más apropiadas desde el punto de vista de la práctica del concreto.

Los trabajos experimentales realizados han aportado datos que son de gran interés, los cuales son agrupados en cuatro grupos, siendo estos: los que conciernen al concreto de alta densidad, los concernientes al concreto común, al concreto para defensa contra radiaciones de alta potencia, y los que se refieren al concreto elaborado con cementos especiales con tendencias a mejorar las cualidades de defensa.

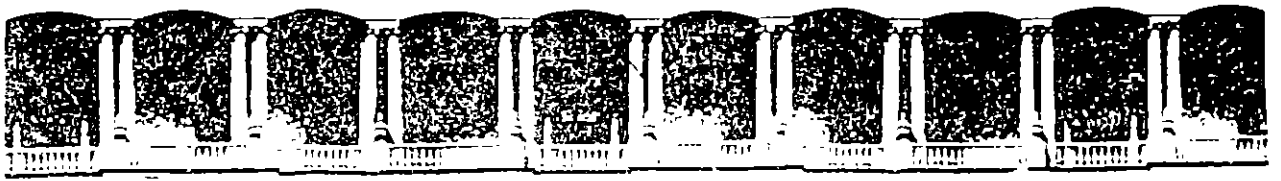
Los datos aportados sobre concretos de alta densidad, se refieren a los resultados obtenidos al emplear en la elaboración del concreto, agregados especiales tales como la barita, magnetita, limonita, así como también las combinaciones de este último material con hierro, con vidrio o ambos. El uso de este tipo de agregados, proporciona densidades del orden de 4 ton/m^3 , obteniéndose resistencias que varían de 210 kg/cm^2 a 350 kg/cm^2 .

El uso de barita en la elaboración de concretos de alta densidad, proporcionó una homogeneidad aceptable desde el punto de vista de defensa contra las radiaciones nucleares. El concreto elaborado con magnetita como agregado

demonstró ser por su comportamiento, un buen reductor de radiación gamma y neutrones respecto al concreto común, y los espesores obtenidos para defensa fueron del orden de 3 cm menores que los espesores obtenidos para el concreto común, para radiaciones gamma y flujo neutrónico.

Los concretos especiales que contenían limonita como agregado, fueron tan efectivos contra los neutrones como el agua, debido en gran parte al alto contenido de ésta, y mucho más efectivos contra la radiación de los rayos gamma.

Referente al concreto ordinario, han sido efectuadas sobre este una serie de pruebas con el fin de determinar el comportamiento del mismo al ser usado como material de defensa contra las radiaciones nucleares. Se ha encontrado que por lo general es un material de defensa apropiado, teniendo el inconveniente de requerirse para su uso un espesor demasiado grande para cumplir como material defensivo, para los diferentes tipos de radiación nuclear.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCION DE
ESTRUCTURAS**

**MODULO IV: CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

MICROSOFT PROJECT PARA WINDOWS

1996

1. INTRODUCCION

1.1 ¿QUE ES PROJECT FOR WINDOWS?

El buen funcionamiento y éxito de una empresa depende del cumplimiento de las metas y objetivos que debe de alcanzar.

Estas metas no se suceden simplemente por coincidencia o suerte, detrás de cada meta existe un plan en el cual se definen actividades y recursos para llegar a la misma. Este plan es lo que se conoce comúnmente como un proyecto, y dependiendo de la administración del mismo el cumplimiento de la meta se alcanzará a mayor o menor tiempo

Un proyecto es la secuencia de pasos relacionados al logro de una meta. Lo que hace un proyecto diferente de lo que se hace rutinariamente es que tiene una meta específica que no es rutinaria, esto significa que un proyecto necesita de planeación. La planeación varia dependiendo de la complejidad del proyecto

Los pasos para completar un proyecto se denominan tareas o actividades. Estas son hechas en una secuencia determinada por el tipo de proyecto. Algunas tareas suceden secuencialmente, es decir, una después de otra, mientras que hay actividades que se realizan simultaneamente. La cantidad de tiempo que se tardan en hacer las tareas se conoce como duración.

Para hacer una tarea, es necesaria la utilización de recursos, que pueden ser humanos, materiales, equipo o financieros. Como los recursos no estan disponibles las 24 horas del día los 7 días de la semana, se debe de considerar un calendario para definir el horario y días de uso de los recursos.

~~Un proyecto es una combinación de tareas y recursos encaminados a lograr una meta específica.~~

Precisamente para el control y administración de proyectos de cualquier tamaño se ha creado MICROSOFT PROJECT FOR WINDOWS ver. 4.0, un paquete computacional creado en el ambiente más novedoso y amigable que existe en la actualidad (WINDOWS) que proporciona al usuario herramientas que lo auxilian en la definición de actividades, administración de los recursos, monitoreo de costos y además genera reportes del proyecto para su análisis y presentación.

Microsoft Project simplifica significativamente la administración del proyecto con gráficas interactivas, permite visualizar información en diferentes maneras y se adapta fácilmente para cumplir con sus necesidades de calendarización. También simplifica la entrada, organización y presentación de la información del proyecto, ayuda a planear el proyecto administrando y actualizando la información y comunica el estado y resultados que se han obtenido para el cumplimiento del proyecto

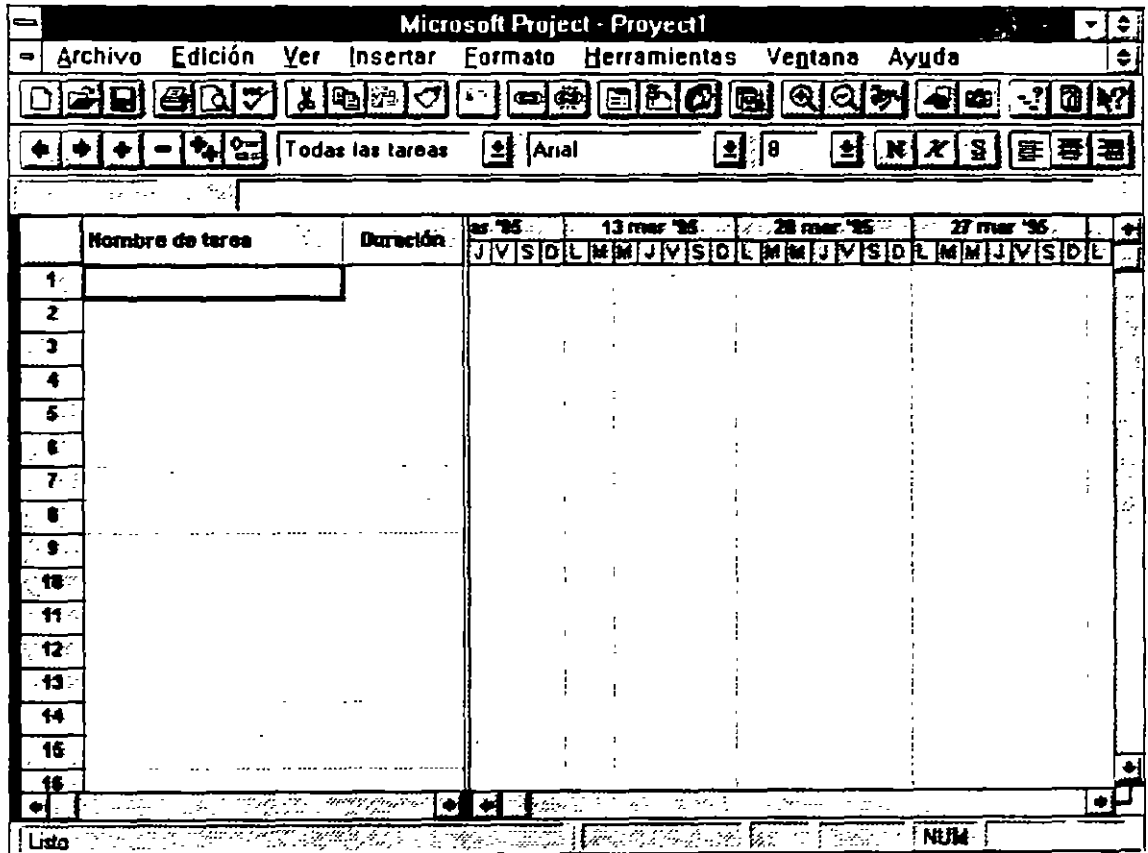


Figura 1.1

1.2 REQUERIMIENTOS DE PROJECT FOR WINDOWS

Para el buen funcionamiento de Project se requiere del siguiente equipo

- Una computadora personal compatible con IBM con procesador 80386 o superior
- Monitor IBM EGA o IBM VGA con una tarjeta de video que sea compatible con Windows 3.1 La calidad de las gráficas que usted podrá ver en este paquete dependerá de la tarjeta de video que usted utilice
- El mínimo de memoria RAM requerido es de 4 MB
- Sistema Operativo versión 5.0 en adelante.
- Microsoft Windows versión 3.1 o posterior
- Impresora compatible con el ambiente Windows.
- Mouse

1.3 ENTRAR A PROJECT FOR WINDOWS.

Para utilizar este paquete se puede entrar desde el sistema operativo cambiando primeramente al directorio Winproj y despues escribiendo el comando

WINPROJ <ENTER>

Si usted se encuentra dentro de Windows el paquete de Microsoft Project se encontrará en el grupo de Aplicaciones Windows o bien en un grupo exclusivo para Project llamado Microsoft Project 4.0 y solo tendrá que dar un doble click en el icono correspondiente. En caso de que el icono no exista tendrá que agregarlo al grupo antes mencionado con el administrador de programas.

1.4 ELEMENTOS BASICOS EN LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS

La administración de proyectos es el procedimiento de planear y administrar tareas y recursos para cumplir un objetivo

Un proyecto requiere de la combinación de factores como.

TIEMPO	Cuanto tiempo se dispone para terminar todas las tareas que lleven al cumplimiento del proyecto y así mismo del objetivo
EQUIPO	Con el que se cuenta para realizar las actividades del proyecto.
RECURSOS FINANCIEROS	Es decir cuanto dinero se tiene asignado para la ejecución y cumplimiento del proyecto.
ACTIVIDADES	Que se realizarán para llegar al cumplimiento del objetivo
RECURSOS HUMANOS.	Son los directamente responsables de que las actividades se realicen con el equipo, los recursos financieros y el tiempo asignados.

La administración de un proyecto comprende tres fases importantes:

- 1) **CREACION Y PLANEACION.** Donde se definen las metas las tareas que se realizarán durante el proyecto, asignándole a las mismas una duración y los recursos para cumplirlas. Estas tareas se organizan dentro de una secuencia que será cumplida en un lapso establecido previamente. Al terminar la definición del proyecto se revisa el plan para verificar que las tareas comprendidas son las estrictamente necesarias para llegar al cumplimiento de las metas.
- 2) **ADMINISTRACION.** Esta fase comienza en cuanto se empieza a trabajar en la primera actividad, a partir de este momento se deben de vigilar y controlar los recursos asignados al proyecto. Además se debe de comparar el tiempo estimado de duración del proyecto contra el real,

buscando las actividades que presentan problemas y reajustando y actualizando la información

- 3) **COMUNICACION.** Esta etapa representa la clave del éxito para todos los proyectos, pues en esta etapa se informa del estado actual del proyecto y de los resultados obtenidos. La comunicación es una buena base para detectar un problema en el proyecto o bien reajustar el proyecto en el caso que no este llegando a cumplir los objetivos.

La administración de proyectos no es trabajo ni responsabilidad de una sola persona, todas las personas que intervienen desde la planeación hasta la realización de las tareas son responsables a mayor o menor grado de todo lo que pasa desde que el proyecto comienza hasta que concluye

1.5 NAVEGACION EN MENUS

El paquete Microsoft Project atiende a todas las necesidades del usuario mediante los menús colocados en la parte de la barra de títulos, que contienen todos los comandos para utilizar el paquete y la barra de íconos inteligentes colocada en la parte inferior de la anterior.

Los menús y los comandos se pueden activar por medio del teclado o por medio del ratón.

Para activar los menús con el teclado:

- Presione la tecla Alt y la letra que está subrayada en la palabra del menú que usted desea activar.

Para activar los comandos con el teclado:

- a) Pulse la letra que se encuentra subrayada en el comando.
- b) Mueva las flechas del teclado hasta sombrear el comando que va a utilizar y pulse la tecla <ENTER>.

Para activar los menús y los comandos con el mouse:

- Coloque el cursor del mouse en el menú o el comando que desea activar y presione el botón izquierdo del mouse

Los iconos inteligentes tienen la misma función de los comandos más importantes de los menús, para activarlos basta con dar un click en el icono deseado

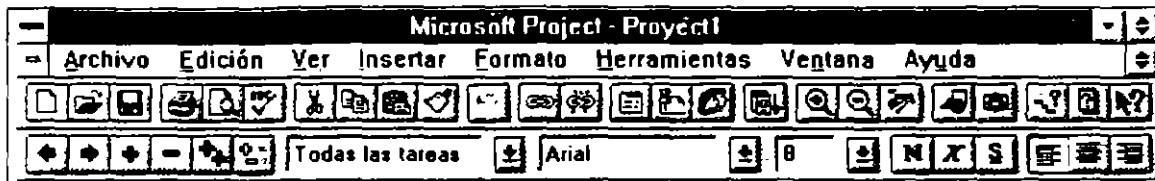


Figura 1 2

2. CREACION DE UN PROYECTO

2.1 AÑADIENDO UN NUEVO PROYECTO.

Antes de añadir un proyecto a su Microsoft Project usted deberá conocer el objetivo del proyecto, las actividades a realizar y la fecha de inicio del proyecto

Para añadir un nuevo proyecto

Traiga un archivo nuevo con:

- Archivo - Nuevo

Si en la barra de títulos de la pantalla aparece la frase Project# y un número consecutivo solamente tendrá que seleccionar

- Archivo - Resumen

Esta opción cuenta con dos folders donde usted insertará datos generales del proyecto como el nombre del proyecto, nombre de la compañía, el nombre de la persona o departamento responsable, notas acerca del proyecto y fecha de inicio del proyecto. La fecha de terminación se calculará automáticamente al terminar de definir el proyecto. La figura siguiente muestra la pantalla de información del proyecto.

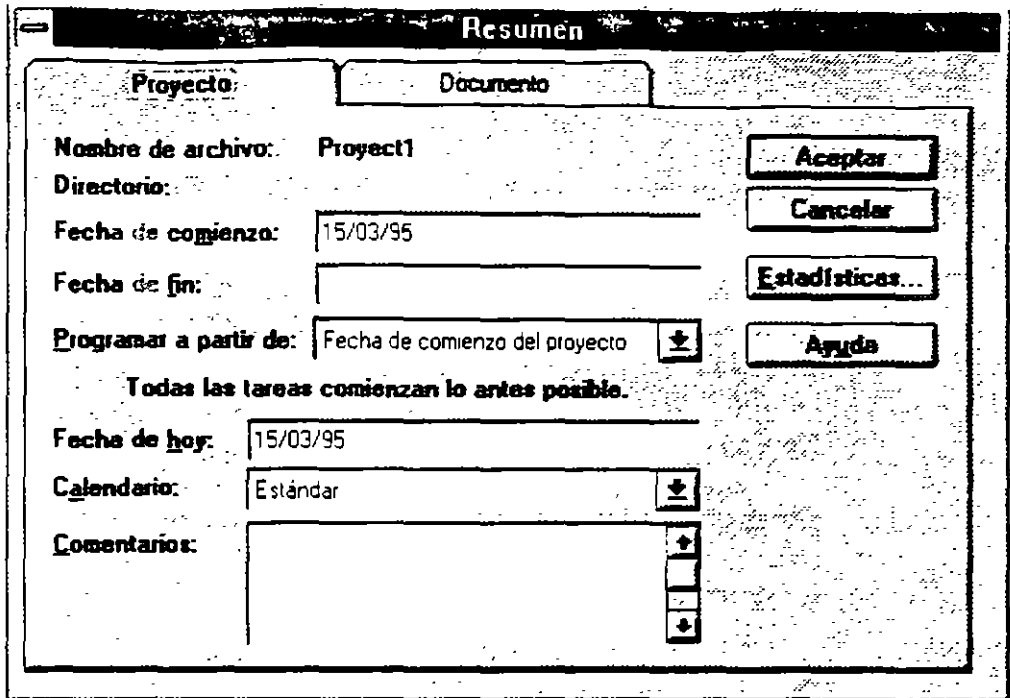


Figura 2.1

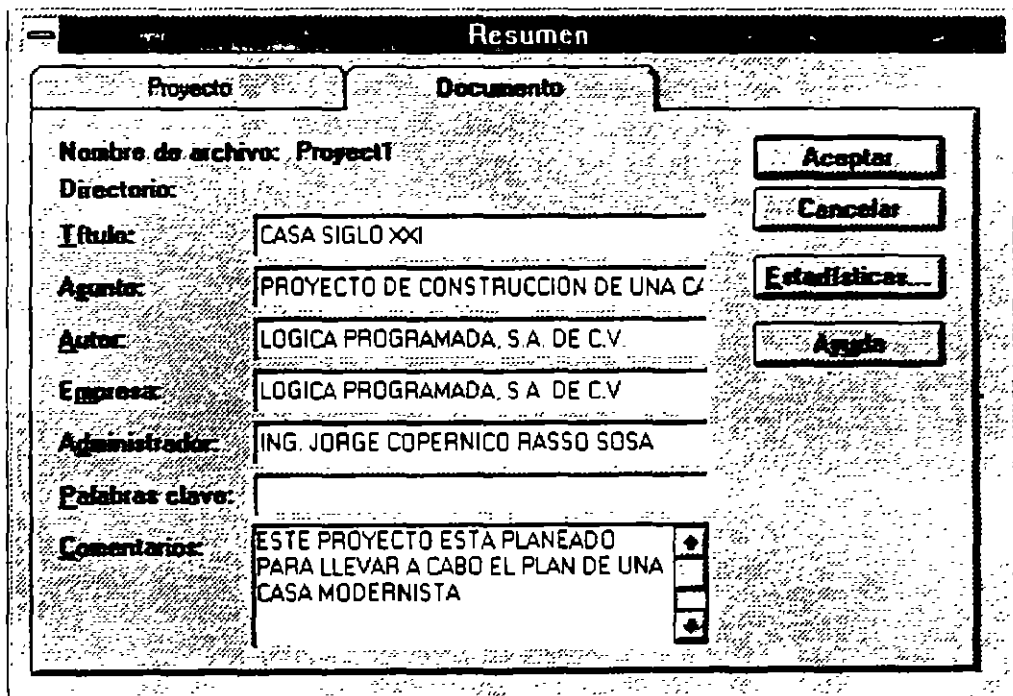


Figura 2.2

Para fines de este curso se ha creado un ejemplo de un proyecto. El proyecto en el que se trabajará es la construcción de una casa. En la pantalla de

información del proyecto escriba los datos que se encuentran en las figuras 2.1 y 2.2

Ahora el proyecto ya está definido, solo falta salvarlo. Usted puede salvar de dos maneras, una con una opción de la barra de menús o bien con uno de los iconos inteligentes de la barra de herramientas

Para salvar el proyecto:

- **A**rchivo - **G**uardar Como .

Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación

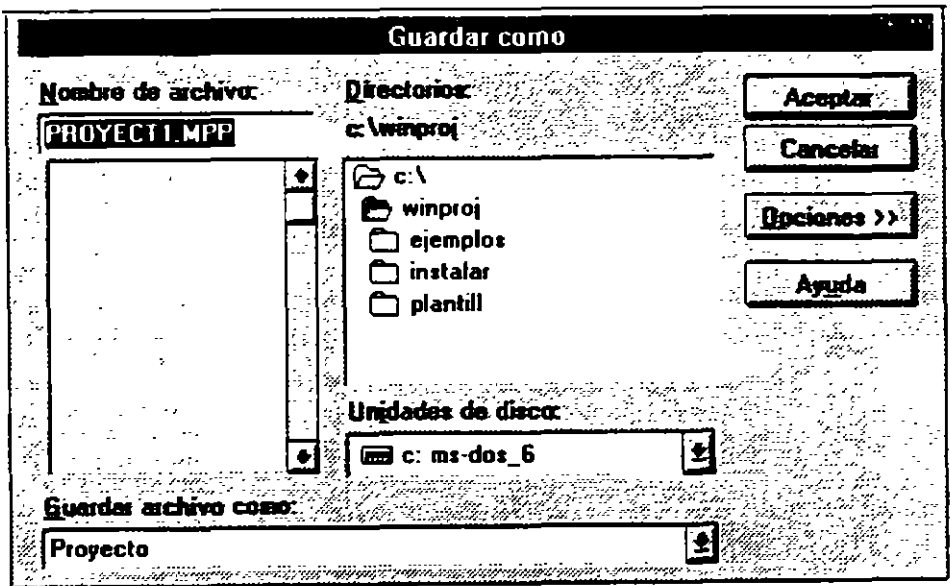


Figura 2.3

Usted deberá poner el nombre de su proyecto en la caja de Nombre de Archivo, el paquete automáticamente le dará la extensión MPP (Microsoft Project Project).

2.2 CREACION DE CALENDARIOS DE TRABAJO.

Tras haber definido el proyecto se debe especificar el calendario de trabajo. En este calendario usted podrá definir los horarios de trabajo para el proyecto además de especificar los días no laborables.

Project brinda tres tipos de calendarios un calendario Estándar, el cual es utilizado para manejar todo el tiempo de las tareas y recursos de un proyecto, a este se le puede considerar como un calendario maestro del proyecto, calendarios base que pueden servir para controlar el horario de un grupo de recursos que no tienen el mismo horario del resto del proyecto y calendarios para recursos que cumplen con un itinerario de horas de trabajo distintos a los horarios definidos en un calendario base o en el calendario Estándar

Por el momento se manejará el calendario Estándar. Para utilizarlo se seguirán los siguientes pasos y se pondrá la información de la tabla 2.1

Edición del calendario Estándar o Maestro

- 1.- Herramientas - Cambiar Calendario Laboral.
- 2.- Seleccione Estándar (Calendario del proyecto).

A continuación usted vera una pantalla como la que se muestra:

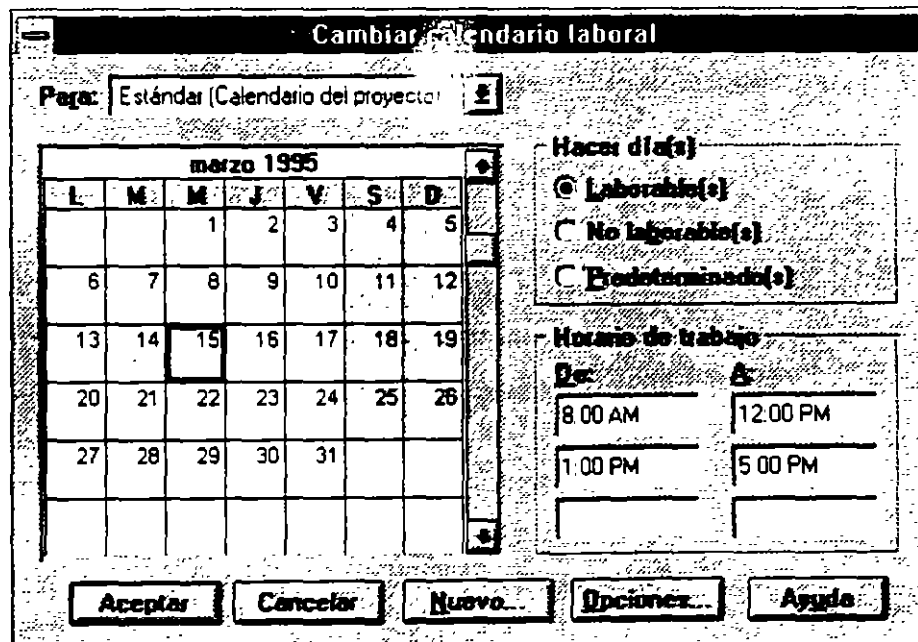


Figura 2.4

4 - Realice las modificaciones que requiera su calendario

Si usted desea cambiar un grupo de días en todo el calendario seleccione los títulos de los días, aquí puede definir el horario de trabajo de todos los lunes, martes, miércoles, etc Si usted desea que varios días de la semana tengan el mismo horario, seleccione los títulos de los días con un click sostenido

Para cambiar un día específico seleccione el día en el calendario.

Si desea moverse de un mes a otro utilice la barra de enrollamiento horizontal

Para convertir un día laborable en no laborable y viceversa seleccione el(os) día(s) y las opciones de Laborable(s) y No Laborable(s) según el caso

El horario del trabajo se modifica seleccionando el(os) día(s) y escribiendo en las cajas de diálogo que aparecen en la ventana de Horario de trabajo Cada fila de cajas corresponden a un turno de trabajo.

5 - Al terminar de definir su calendario seleccione Aceptar.

<p style="text-align: center;">Horario de Trabajo</p> <p>Lunes a Viernes de 8:00 a.m. a 6.00 p.m.</p> <p>Sábados de 8:00 a.m. a 1.00 p.m.</p> <p style="text-align: center;">Días de Descanso</p> <p style="text-align: center;">- 21 de marzo 1 de mayo 5 de mayo</p>
--

2.3 DEFINICION DE ACTIVIDADES.

Las actividades que comprende su proyecto las insertará en la pantallas Entrada de Tarea, Hoja de Tareas, Formulario de Tareas y Diagrama de Gantt. Usted puede Ediciónar sus actividades e introducir aspectos relevantes de ellas en cualquiera de las pantallas antes mencionadas

Para desplegar una lista de las pantallas de despliegue disponibles en Project, seleccione el menú Ver y la opción Mas presentaciones.

Las pantallas pueden tener listas cuadrículadas o recuadros donde se captura la información. Para capturar la información, dé un click en la zona que desea capturar, inmediatamente aparecerá la barra de entrada abajo de la barra de herramientas.

1.- Escriba la información

2.- Acepte la información con el icono de la palomita o con un ENTER, si desea cancelar la edición oprima el icono de tache o la tecla de ESCAPE.

Si después de haber introducido un dato, decide que no es el correcto, puede Ediciónar la información colocando el cursor en la celda requerida y presionando la tecla F2.

A continuación se capturará el nombre (Nombre de tarea) y la duración (Duración) de las actividades que se muestran en la tabla 2 2

N	Nombre de Tarea	Duración
1	Elaborar plano	5d
2	Elaborar presupuesto	3d
3	Aceptación del plan	0d
4	Buscar terreno	1s
5	Trazo del terreno	1s
6	Excavación	2s
7	Cimentación	4s
8	Obra Negra	10s
9	Revisar construcción	3s
10	Acabados	
11	Herrería	4d
12	Plomería	1s
13	Electricidad	1s
14	Alfombrado	3d
15	Aprobación	0d
16	Comprar mobiliario	5d
17	Mudanza	6h

Tabla 2.2

La duración de las actividades puede expresarse en:

- m-MINUTOS.
- h-HORAS.
- d-DIAS.
- s-SEMANAS

Existen actividades que pueden tener duración de cero. Estas actividades pueden servir para marcar el inicio o la conclusión de un grupo de tareas o bien un punto de decisión.

Definición de Predecesores

Un proyecto es mucho más que una simple lista de tareas aisladas. Muchas tareas están relacionadas a otras. Hasta ahora usted ha capturado las

actividades para que comiencen al mismo tiempo. Esto pasa debido a que no se le ha dicho a Project la relación que guarda una actividad con otra(s). A esto se le conoce como definir predecesores.

La manera más fácil de relacionar o ligar actividades es con:

- **E**dición - **V**incular tareas

Esta forma de relacionar es útil solo cuando la actividad tiene como predecesor a la actividad anterior de la lista y cuando la actividad comienza inmediatamente después de concluir la actividad anterior de la lista, a este tipo de relación se le conoce como Fin a Comienzo FC (cuando termine la actividad empieza la siguiente la lista). Al ligar tareas, Project calculará automáticamente las fechas de inicio y terminación de las tareas y del proyecto.

Para ligar tareas con su tarea inmediata anterior

- 1 - Seleccione con un clic sostenido las tareas que desea ligar.
- 2.- **E**dición - **V**incular tareas.

Para desligar tareas con su tarea inmediata anterior

- 1.- Seleccione con un clic sostenido las tareas que desea desligar.
- 2 - Edición - desvincular tareas.

Cuando las tareas tienen un predecesor que no es la tarea inmediata anterior el procedimiento es el siguiente:

- 1 - Seleccione en la caja de predecesores la actividad a la que desea poner el predecesor.
- 2.- Active la barra de entrada.
- 3.- En la gráfica de Gantt seleccione la actividad o actividades que va a ser predecesor, o bien capture los números de actividades que serán predecesores. Cuando una actividad tiene varios predecesores los números de actividades tendrán que ir separados por comas. Utilice la tabla 2.4 para capturar los predecesores.

	Nombre de Tarea	Predecesoras
1	Elaborar plano	
2	Elaborar presupuesto	1
3	Aceptación del plan	2
4	Buscar terreno	3
5	Trazo del terreno	4
6	Excavacion	5
7	Cimentación	6
8	Obra Negra	7
9	Revisar construcción	8
10	Acabados	
11	Herrería	9
12	Plomería	9
13	Electricidad	9
14	Alfombrado	9
15	Aprobación	11.12.13.14
16	Comprar mobiliario	15
17	Mudanza	16

Tabla 2.3

Cuando se vinculan tareas automáticamente, la relación entre las tareas es FC (Fin a Comienzo), es decir, la tarea comienza cuando su predecesor termina.

Existen otros tipos de relaciones que se pueden establecer entre las tareas

FF Fin a Fin. La actividad terminará al mismo tiempo que su predecesor.

CF Comienzo a Fin. La actividad terminará y hasta entonces el predecesor podrá continuar.

CC Comienzo a Comienzo. La actividad comenzará al mismo tiempo que su predecesora.

Al establecer este tipo de relaciones las fechas de inicio y terminación de las actividades estarán ligadas. Cuando la fecha de la actividad predecesor se modifique, la actividad que depende de ésta se modificará.

Además de establecer relaciones de este tipo, Project cuenta con tiempos de posposición y adelanto.

Los tiempos de posposición se utilizan cuando se tiene una relación FC, CC, o FF. Si usted desea que la actividad comience antes de que termine o comience su predecesor, usted puede utilizar este tipo de adelanto

El tiempo de posposición siempre se expresará con signo de - y se podrán definir duraciones o porcentajes

Por Ejemplo

CC-3d Significa que la actividad comenzará 3 días antes que su predecesor

FC-50% Significa que la actividad comenzará cuando su predecesor tenga un 50% de la tarea realizada.

Al igual que un adelanto se puede hacer un retraso, es decir que la actividad comience después de lo definido. A esto se le denomina Posposición time y puede definirse en las actividades con relación CC, FC y FF.

Por Ejemplo:

CC+50%. Significa que la tarea no comenzará hasta que el predecesor haya cumplido con la mitad de la tarea.

FC+3d Quiere decir que la tarea comenzará tres días después de haber terminado el predecesor

Con la ayuda de los tiempos de adelanto y posposición hacemos el proyecto más flexible y no se obliga a que las tareas comiencen una después de otra, terminen o comiencen al mismo tiempo.

Para establecer tiempos de Adelanto y Posposición

- 1.- Ver - Mas presentaciones - Entrada de Tarea.
- 2.- Seleccione en la gráfica de GANTT con un click, la actividad en la que desea establecer un tiempo adelanto o posposición.
- 3.- En la forma de actividades de un click sobre la celda de POSPOSICIÓN del predecesor al que quiere establecer el retraso o el adelanto
- 4 - Escriba el tiempo de adelanto o posposición.

5 - De un click al botón de ACEPTAR que se encuentra en la forma de actividades.

Relación de actividad por medio de delimitantes

Otra forma de establecer relaciones y tiempos posposición y adelanto, es utilizando delimitantes para los términos o inicios de las tareas. Al establecer una delimitante, Project determinará el tipo de relación que tiene la tarea con sus predecesores.

Los tipos de delimitantes son:

Lo mas tarde posible. Programa la actividad para que se realice lo más tarde posible sin retrasar las actividades subsecuentes.

Lo antes posible. Programa la actividad para que comience lo antes posible.

No finalizar antes del. Obliga a la tarea a terminar después o en la fecha que da el usuario.

No finalizar después del. Obliga a la tarea a terminar antes o en la fecha que da el usuario.

No comenzar antes del. Obliga a la tarea a comenzar después o en la fecha que da el usuario.

No comenzar después del. Obliga a la tarea a comenzar antes o en la fecha que da el usuario.

Debe terminar el. Obliga a la tarea a terminar en determinada fecha.

Debe comenzar el. Obliga a la tarea a comenzar en cierta fecha.

Para definir delimitantes

- 1.- Ver- Mas presentaciones - Formulario "Detalles de Tarea"
- 2.- Seleccione en la gráfica de GANTT con un click, la actividad en la que desea establecer un delimitante.
- 3 - En el formulario de Detalles de Tarea de un click sobre la flecha de lista de Delimitantes.
- 4 - Escriba la fecha de terminación o de inicio en caso de que la delimitante que seleccionó la necesite.

5 - De un click al botón de ACEPTAR que se encuentra en la forma de actividades.

Edición de las actividades

En Project, usted puede rápidamente mover, copiar, insertar o borrar tareas o bien parte de la información de las tareas.

Borrado de actividades

Al capturar las actividades del proyecto usted nota que hay una actividad que no tiene que hacer LOGICA PROGRAMADA, esta es la actividad 16 Comprar mobiliario. Esta actividad debe de ser eliminada del proyecto siguiendo los pasos que a continuación se describen:

- 1.- Seleccione la actividad que desea borrar. En este caso es la actividad 16.
- 2 - Seleccione Edición - Eliminar tarea.

Para insertar una fila

Dentro de la lista de actividades se olvidó incluir una actividad que es la venta de la casa. Esta actividad se debe de insertar siguiendo los pasos que a continuación se describen y basándose en la información de la tabla 2.5.

- 1 - Seleccione la línea donde quiera insertar la fila o renglón. En este caso marque la actividad 16.
- 2.- Seleccione Insertar - Insertar tarea.

En la Forma de Entrada de Actividades

Captura de actividades

- 1.-Coloque el cursor del ratón en la celda del nombre y teclee el nombre de la actividad.
- 2.-Coloque el cursor del ratón en la celda de duración y teclee la duración con números seguida de una abreviacion.
 - m - MINUTOS.
 - h - HORAS.
 - d - DIAS

- s - SEMANAS

	Nombre de tarea	Duración	Predecesora
16	Contrato de venta	3d	15

Tabla 2.4

Al insertar una actividad hay que verificar si las actividades que estan abajo se verán afectadas por la nueva actividad. En este caso la actividad 17 Mudanza tendrá como predecesor la actividad 16 en lugar de la 15 debido a que no se puede hacer la mudanza hasta que el contrato de la casa este firmado. Modifique el predecesor de la actividad 17 con los pasos para definir predecesores.

Para copiar o mover puede ser por renglón o por celda.

Para copiar un renglón

- 1 - Seleccione el numero de renglón que desea copiar con un click
- 2 - Edición - Copiar
- 3 - Seleccione el numero de renglón donde va a copiar con un click.
- 4.- Edición - Pegar

Para copiar una celda

- 1 - Seleccione la celda que desea copiar con un click.

~~2.- Edición - Copiar~~

- 3.- Seleccione la celda donde va a copiar con un click.

4.- Edición - Pegar

Para copiar de una a varias celdas continuas en forma vertical

- 1.- Seleccione la celda donde esta la información y las celdas a donde se va a copiar con un click sostenido.
- 2.- Edición - Llenar hacia abajo.

En caso de que el renglón o la celda donde va a copiar o a mover no está vacío, al ejecutar la instrucción de **P**egar o **L**lenar hacia abajo, el contenido se perderá y se reemplazará por lo que se seleccionó para copiar.

Para mover un renglón

- 1 - Seleccione el número de renglón que desea mover con un click.
- 2 - **E**dición - **C**ortar
- 3 - Seleccione el número de renglón donde va a mover con un click.
- 4 - **E**dición - **P**egar

Para mover una celda

- 1 - Seleccione la celda que desea mover con un click.
- 2 - **E**dición - **C**ortar
- 3 - Seleccione la celda donde va a mover con un click
- 4 - **E**dición - **P**egar

Creación de actividades con subactividades

Las tareas de resumen son tareas que encierran en sí mismas otras tareas, se puede definir como actividades con subactividades. Las tareas de resumen son útiles para identificar las fases principales de un proyecto.

Las tareas de resumen no tienen una duración calculada por el usuario, sino que determinan el tiempo basándose en el inicio de la subactividad que comienza primero y la conclusión de la subactividad que termina al último.

Una tarea de resumen también calcula automáticamente el costo y las horas hombre totales de las subactividades que comprende.

Los iconos para crear y trabajar con tareas de resumen se encuentran en la parte inferior de la barra de herramientas.

Muchas de las tareas que se tienen dentro de el proyecto se pueden dividir en varias tareas a su vez. En este ejemplo las tareas de Herrería, Plomería, Electricidad y Alfombrado son subtareas o subactividades que pertenecen a la actividad de acabados.

A la opción de convertir actividades en subactividades se le conoce como degradación. Seguir los pasos que a continuación se describen para degradar estas actividades.

Para degradar actividades

- 1 - Seleccione el grupo de actividades a degradar. En este caso marque las actividades 11, 12, 13, y 14.
- 2 - Presione el ícono con la flecha a la derecha.

Automáticamente Project calcula la duración de la actividad a la que pertenecen las actividades degradadas.

La operación contraria a la degradación se le conoce como promoción.

Para promover actividades

- 1 - Seleccione el grupo de actividades a promover.
- 2 - Presione el ícono con la flecha a la izquierda.

Para ocultar actividades degradadas

- 1.- Seleccione la actividad de resumen de la cual dependen las actividades degradadas.
- 2.- Presione el ícono con el signo -.

Para mostrar actividades degradadas ocultas de una actividad resumen

- 1.- Seleccione la actividad de resumen de la cual dependen las actividades degradadas.
- 2.- Presione el ícono con el signo +.

Para mostrar actividades degradadas ocultas de todas las actividades resumen

1.- Presione el icono con el signo +/-

Para que las tareas de resumen y sus subactividades sean más claras a simple vista usted puede definir formatos especiales para estas tareas

Para formatear las tareas de resumen y subactividades

1 - Seleccione el folder Presentación del menú Herramientas - Opciones
 Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación

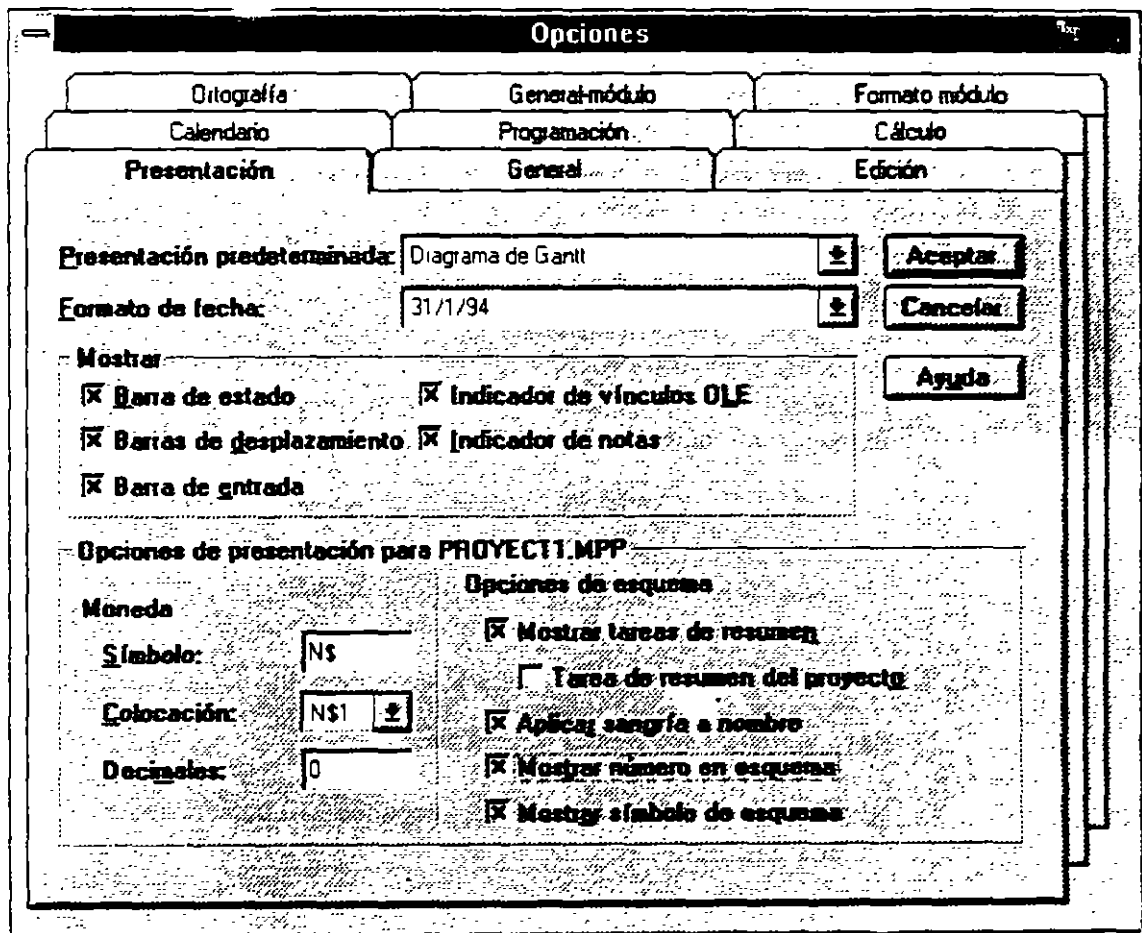


Figura 2.5

Las opciones que estan "tachadas" son las opciones que están habilitadas en este momento. Para habilitar o inhabilitar las opciones, de un click al recuadro.

Dependiendo del tipo de formato que desee, active las opciones que le convengan de la sección Opciones de esquema.

Mostrar tareas de resumen

Muestra en pantalla las actividades de resumen.

Tarea resumen del proyecto

Muestra el proyecto en forma de una sola tarea

Aplicar sangría a nombre

Recorre o indenta a la derecha las subactividades

Mostrar número en esquema

Muestra a las actividades con un número de identificador

Mostrar símbolo de esquema.

Muestra mediante símbolos de + y - las actividades degradadas y promovidas del proyecto

2.4 DEFINICION DE RECURSOS Y ASIGNACION DE COSTOS.

Tras haber definido las actividades ahora hay que definir los recursos que se van a utilizar para el proyecto así como la cantidad y el costo de cada uno de ellos.

Para esto, Project cuenta con una hoja de recursos.

Para activar la hoja de recursos

~~1=Seleccione=Ver=Hoja=de=recursos=~~

En la hoja de recursos se escribirán campos como:

- Nombre del recurso .
- Iniciales del recurso .
- Grupo (Group). En caso de que se quieran agrupar los recursos por categorías.
- Capacidad máxima de unidades de ese recurso que están disponibles.

- El salario por jornada normal (Tasa estándar). El cual es expresado por la cantidad que se gana en
 - m-MINUTOS
 - h-HORAS
 - d-DIAS.
 - s-SEMANAS

Por Ejemplo: \$10/h

- El salario por tiempo extra (Tasa horas extra).
- El costo por uso de ese recurso (Costo/Uso). Existen recursos como maquinarias y equipo que tiene un costo de uso. Este renglón sirve para definir el costo por la utilización de ese equipo.
- Acumular. El cual va a calcular el costo de ese recurso de la siguiente forma.
 - Comienzo - Calcula el costo al inicio de la actividad
 - Fin - Al concluir la actividad.
 - Prorratao - Calcula el costo conforme el avance de la actividad
- Calendario base.
- Código. Es un campo donde se puede incluir el número de cuenta para la aplicación contable.

En la siguiente tabla encontrará los datos para llenar la hoja de recursos.

Nombre del recurso	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Uso
Arquitecto	Arq		1	1000/s	100/h	
Maestro	Mas	Operativo	2	850/s	50/h	
Peones	Peo	Operativo	6	250/s	20/h	
Material de Excavación	Mex	Máquinas	3			18500
Camiones	Cam	Máquinas	2			15200
Material de Construcción	Mco	Máquinas	3			36800
Herreros	Her	Acabado	2	300/s	30/h	

Plomeros	Plo	Acabado	4	260/s	26/h	
Electricistas	Ele	Acabado	3	300/s	30/h	
Personal de Alfombrado	Pal	Acabado	4	20/h	20/h	
Personal de Mudanza	Pmu		4	50/h	50/h	

Tabla 2 5

Creación de calendarios base y calendarios de recursos

Hasta el momento los recursos definidos trabajan bajo el calendario maestro o Estándar. Sin embargo pueden existir recursos que tengan un horario diferente o bien salgan de vacaciones mientras el proyecto continua. Para estos casos especiales se pueden crear calendarios Base y calendarios de recursos.

Los calendarios base sirven para controlar a un grupo de recursos que maneja un horario diferente al del proyecto. Por ejemplo, las personas que son del grupo Acabados terminan de trabajar una hora antes del horario definido en el calendario Estándar del proyecto.

Microsoft Project programa las tareas según la información del calendario del proyecto, el calendario predeterminado de la programación. El calendario del proyecto indica las horas laborables normales y los periodos no laborables habituales, como los fines de semana. Si un grupo de recursos comparte la información de la programación básica, que sea diferente del calendario del proyecto, puede crear un calendario base diferente para ellos. Por ejemplo, puede tener un calendario base de cinco días laborables y otro para los trabajadores del turno de noche.

Después de crear el calendario base es necesario asignar el calendario a los recursos que desee utilizar. Cuando asigne un recurso a una tarea, Microsoft Project utilizará el calendario del proyecto o un calendario base asignado para determinar la programación de trabajo de los recursos, a menos que especifique una información diferente en un calendario de recursos.

El calendario de recursos se basa en el calendario del proyecto o en cualquier otro calendario base que se especifique, pero define información única en la programación de recursos, como las vacaciones, horas laborables especiales y periodos de mantenimiento del equipo. Por ejemplo, si especifica una semana de vacaciones en el calendario de recursos, Microsoft Project no programará trabajos durante esa semana para aquellas tareas a las que esté asignado el recurso.

Si todos los recursos toman el mismo período no laborable, como las vacaciones de la empresa, el calendario del proyecto debería ser modificado

Para crear un calendario base

- 1 - Seleccionar el menú **H**erramientas - **C**ambiar calendario laboral
- 2 - Dar click en el botón **N**uevo.

Aparecerá la pantalla que a continuación se muestra.

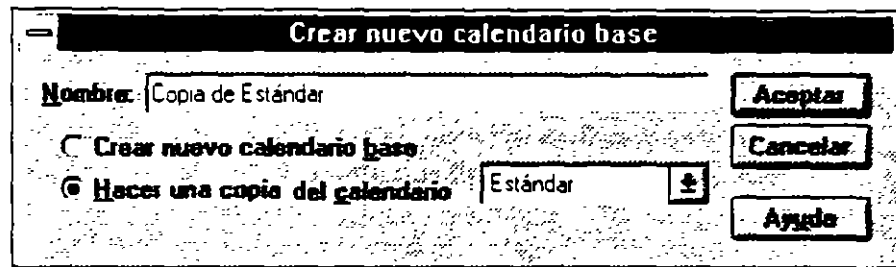


Figura 2 5

- 3 - Active la opción **H**acer una copia del calendario y en las opciones elija Estándar.

Para convertir un día laborable en no laborable y viceversa seleccione el(os) día(s) y las opciones de Laborable y No Laborable según el caso.

El horario del trabajo se modifica seleccionando el(os) día(s) y escribiendo en las cajas de diálogo que aparecen en la ventana de horas. Cada fila de cajas corresponden a un turno de trabajo.

- 5 - Al terminar de definir su calendario seleccione el botón ACEPTAR.

El calendario base ya ha sido definido, ahora hay que especificar que los recursos del grupo ACABADOS trabajarán con el calendario base.

Para asignar el calendario base a los recursos.

- 1.- Seleccione todos los recursos del grupo de Acabados con un click sostenido.
- 2.- **H**erramientas - **C**ambiar calendario laboral

- 3.- En el espacio de **Para**, elija el nombre del recurso al que le quiere asignar el nuevo calendario y definalo

Creación de calendarios de recursos

A diferencia de los calendarios base, los calendarios de recursos son para un recurso exclusivamente.

Para crear un calendario de recursos

- 1 - Seleccione Ver - Hoja de recursos
- 2 - Seleccione el recurso al que se le va a crear el calendario con un click.
- 3 - Seleccione Herramientas - Cambiar calendario laboral. Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación, donde en el renglón **Para**, usted podrá elegir el nombre del recurso al que le va a asignar el calendario.

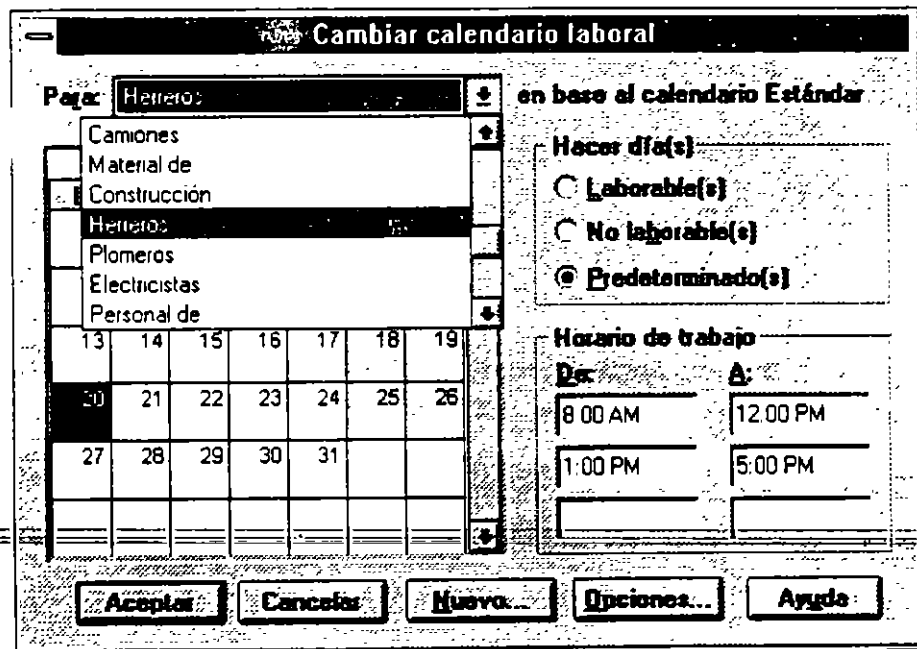


Figura 2.6

- 4 - Realice las modificaciones que requiera su calendario

Si usted desea cambiar un grupo de días en todo el calendario seleccione los títulos de los días; aquí usted puede definir el horario de trabajo de todos los lunes, martes, miércoles, etc. Si usted desea que varios días de la semana tengan el mismo horario, seleccione los títulos de los días con un click sostenido.

Para cambiar un día específico seleccione el día en el calendario.

Si desea moverse de un mes a otro utilice la barra de scroll horizontal

Para convertir un día laborable en no laborable y viceversa seleccione el(os) día(s) y las opciones de Laborable y No-Laborable según el caso. Observe que los días no laborales se iluminan de un color distinto

el horario del trabajo se modifica seleccionando el(os) día(s) y escribiendo en las cajas de diálogo que aparecen en la ventana de horas. Cada fila de cajas corresponden a un turno de trabajo

5 - Al terminar de definir su calendario seleccione ACEPTAR.

Es importante señalar que los horarios de los calendarios base y de recursos no pueden estar fuera de los horarios del calendario Estándar.

Relación de tareas y recursos

Después de definir los recursos se debe de especificar cuántos recursos se asignarán a cada tarea.

Para asignar recursos a una tarea

- 1.- Seleccione **V**er - **M**as presentaciones - Hoja de recursos.
- 2.- Seleccione la actividad a la que le asignará los recursos.
- 3.- Seleccione **I**nsertar - **A**signación de recursos. Al seleccionarlo aparecerá una pantalla como se muestra a continuación

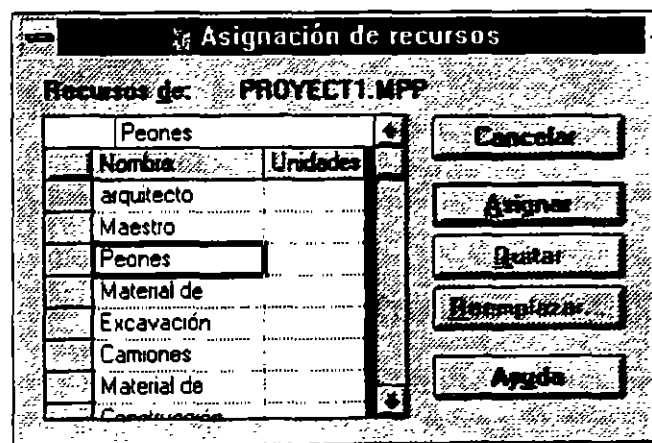


Figura 2.7

4 - Seleccione el recurso a asignar a la tarea con un click.

5 - Oprima el botón Asignar

4 -Esta asignación de recursos solamente asigna una unidad recurso, es decir, un peón, un maestro, etc. Si usted desea asignar más recursos tendrá que Ediciónar la columna Nombre de recurso y agregar en corchetes el numero de personas, por ejemplo. Maestros[2]

Recurso	Actividad	No. de Recursos
Arquitecto	1	1
Arquitecto	2	1
Arquitecto	4	1
Arquitecto	9	1
Arquitecto	16	1
Maestros	5	2
Maestros	6	2
Maestros	7	2
Maestros	8	2

3. ANALISIS GRAFICO DE UN PROYECTO.

Dentro de Project usted puede trabajar dentro de varias pantallas o vistas, cada una de ellas tiene una finalidad e información específica. Se puede decir que project tiene dos grandes grupos de vistas:

1.- VISTAS DE ACTIVIDADES

2.- VISTAS DE RECURSOS

Tanto las vistas de tareas como de recursos pueden representar su información de tres diferentes maneras.

1 - FORMAS

2.- HOJAS o LISTAS

3.- GRAFICAS.

Las formas o formularios son pantallas que se utilizan para ver la información a más detalle, es decir, se puede ver con detenimiento cada tarea o recurso. Las vistas que son del tipo forma son: **Formulario de Tareas** y **Formulario de Recursos**.

Las hojas o listas despliegan la información en una forma de columnas y renglones, de esta manera se puede visualizar varias tareas o recursos al mismo tiempo. Otra ventaja de las hojas es que contienen tablas, estas se pueden considerar como hojas o listas que contienen diferente información. Además Project permite crear cuantas tablas necesite en el caso de que usted desee tener tablas con la información que usted necesita exclusivamente. Las hojas que usted puede utilizar en project son **Tareas**

2 - Seleccione la vista que desea.

Para tener dos vistas activas en la pantalla partiendo de una vista en pantalla.

- 1 - Seleccione la vista que usted desea tener en la parte superior de la pantalla del menú Ver
- 2 - Presione la tecla MAYUSCULAS mientras selecciona el menú Ver.
- 3 - Seleccione la vista que desea en la parte inferior de la pantalla.

Para reemplazar una vista por otra.

- 1 - Seleccione la vista que va a ser reemplazada.
- 2 - Seleccione con el menú Ver la vista que desea en su pantalla.

Si se requiere visualizar alguna otra vista que no se encuentre en el menú Ver se puede seleccionar la opción de Más presentaciones

Project tiene solo una vista combinada que es Entrada de Tareas, usted puede crear sus propias vistas combinadas y conservarlas de una manera permanente en Project así como desplegarlas en el menú.

Para crear vistas dobles.

- 1 - Seleccione Ver - Más presentaciones
- 2 - Seleccione el botón Nueva.
- 3 - Seleccione la opción Presentación combinada.
- 4 - Oprima el botón Aceptar. Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación:
- 5 - Escriba el nombre de su pantalla en el cajón de Nombre. Como usted ha observado todos los comandos contienen una letra subrayada para invocar el comando con el teclado. Si usted desea que aparezca una letra o número subrayado para invocarlo con el teclado ponga el signo & antes del caracter. Se recomienda ampliamente que las nuevas vistas se numeren y el número sea el que este subrayado. Por Ejemplo:

&1.- Nombre de la Vista.

- 6 - Seleccione la flecha de lista que esta junto a la caja de diálogo de Ariba y seleccione la vista que se encontrará en la parte superior de la pantalla
- 7 - Seleccione la flecha de lista que esta junto a la caja de diálogo de Abajo y seleccione la vista que se encontrará en la parte inferior de la pantalla
- 8.- Asegurese que esté marcada la opción de Visible en Menú, si desea que su vista aparezca en el menú
- 9 - Seleccione Aceptar.
- 10 - Seleccione el botón de Salvar configuración del menu Archivo Para guardarlas en forma permanente, las vistas se deben de salvar en un archivo Este archivo es independiente al archivo del proyecto y del calendario. En la ventana aparecerá el nombre de Global.MPV En este archivo se guardarán sus vistas
- 11.- Seleccione el botón de Aceptar
- 12.- Si usted desea que la nueva vista se despliegue en pantalla inmediatamente

Muchas veces las pantallas de lista o gráficas no muestran toda la información que se necesita, usted no necesita cambiarse a otra vista para ver la información más detallada. Project cuenta con una opción y un icono inteligente para desplegar temporalmente la forma de recursos o de actividades dependiendo del campo que usted seleccione.

Para invocar la forma en una lista o una gráfica.

- 1.- Seleccione con un doble click la actividad o recurso del que desea invocar la forma

o bien

- 1.- Seleccione con un click la actividad o recursos que se desea invocar y presión el boton de Información que se encuentra debajo del menú Herramientas.

3.2 MODIFICANDO LA ESTRUCTURA DE LAS VISTAS.

Si usted desea modificar la estructura de sus listas como son el texto, los bordes o líneas, las escalas de las barras de gantt o bien las barras de gantt, usted puede ir al menú **F**ormato para modificar cualquiera de estas características

Formato-**F**uentes Cambia el tipo de letra, color, tamaño y estilos a cada uno de los tipos de actividades, de esta manera se puedan diferenciar.

Formato-**C**uadrícula Sirve para cambiar los marcos y el color alrededor de las barras de gantt, columnas, y la línea vertical que indica el día actual

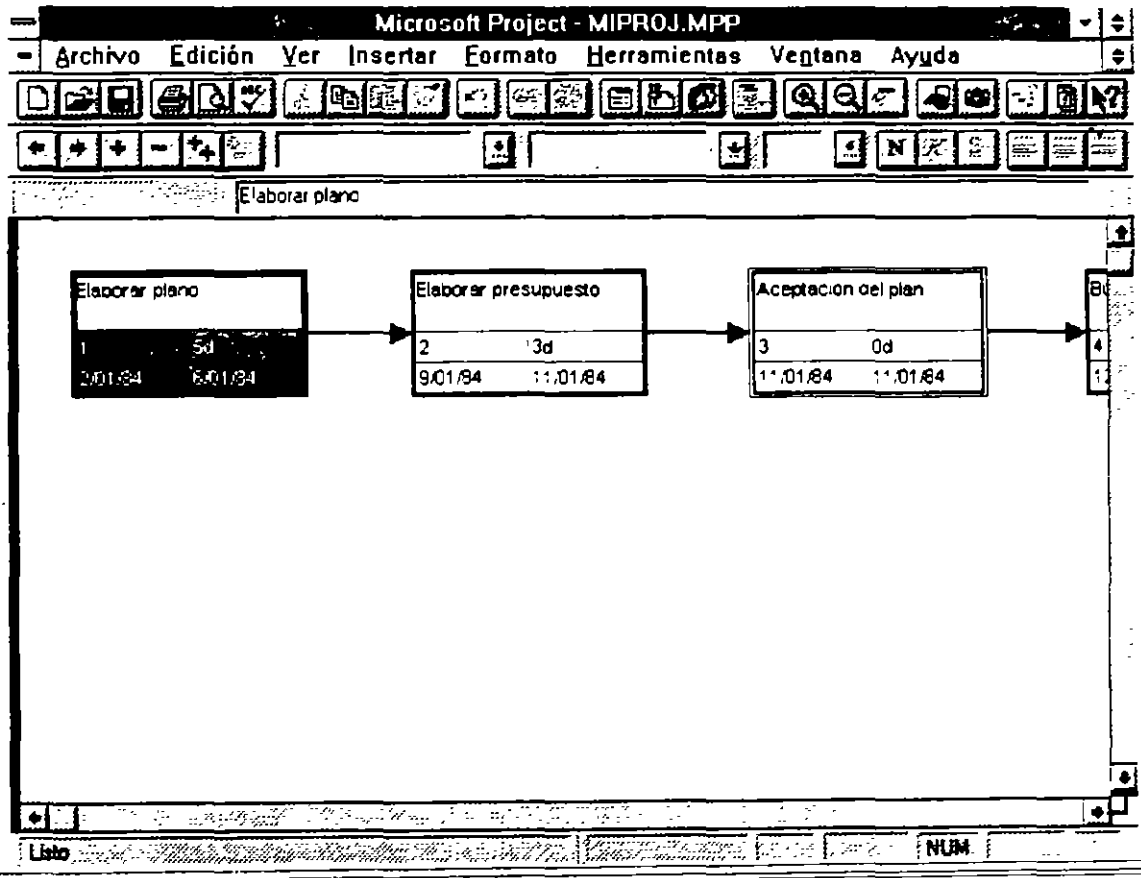
Formato-**E**scala temporal Dentro de la vista de barras de gantt en la parte superior de la zona donde aparecen estas barras se encuentran los días de la semana, y el mes. A esta zona se le denomina Time Scale, su formato y ancho, puede ser modificado mediante la opción antes mencionada.

Formato-**B**arra. Si usted desea modificar los colores, tipo de barra, y patrón de los diferentes tipos de barras de gantt, debe de utilizar esta opción seleccionando una barra a la vez junto con sus características

3.3 VISTAS DE TIPO GRAFICO.

BARRAS DE GANTT.

Las barras de Gantt son una vista gráfica del proyecto. Consiste en una tabla que muestra la información de cada actividad y una gráfica de barras desplegada en una escala de tiempo la duración de la actividad así como su inicio y final.



La barra de Gantt es una herramienta que sirve también para analizar el proyecto y poder preparar gráficas de alta calidad para las presentaciones.

Dependiendo del estado en el que se encuentre la actividad la barra cambia a un color designado con anterioridad por el sistema:

Barra para Tareas. Se dibujan con una barra color rojo desde el inicio hasta la conclusión de la misma.

Barra de progreso. Es una barra negra que muestra el porcentaje de la tarea que esta terminada. Esta barra se coloca encima de la barra normal.

Barra para Hito Es de color azul y se dibuja desde el inicio hasta la conclusión de una tarea que es no critica

Barra de resumen Esta barra aparece cuando una actividad tiene subactividades y marca la suma de la duración de todas estas actividades

El diagrama GANTT es configurable, es decir usted puede cambiar el tipo de letra, los colores, la escala de tiempos entre otras cosas.

Dentro del menu de formato usted encontrará los comandos para configurar

Para activar la gráfica de Gantt de seguimiento.

- 1.- Seleccione **V**er-**M**as presentaciones.
- 2 - Seleccione Gantt Detallado.
- 3.- Seleccione el boton **A**plicar.

RUTA CRITICA (PERT).

La ruta crítica de un proyecto es una vista gráfica que muestra la dependencia entre tareas. Cada caja de la gráfica es un nodo que representa una tarea.

Cada nodo contiene información de la tarea: el nombre de la tarea, su número de identificación, su duración, la fecha de inicio y la fecha de terminación

Los bordes de cada nodo representan el tipo de actividad:

Tarea Crítica - Borde grueso color rojo.

Actividad No Crítica-Borde delgado color negro.

Hitos Crítico-Doble borde color rojo.

Hitos No Crítico-Doble borde color negro.

La ruta crítica marca con una X los nodos de las actividades que han finalizado y con una línea diagonal las actividades que ya empezaron pero no se han concluido.

Formato La ruta crítica también tiene sus opciones de configuración, en el menú de **Formato**

Fuentes Sirve para cambiar el tipo, color y efectos de todas las letras que aparecen dentro de los nodos

Bordes Define el tipo de línea, color y ancho de los nodos

Cuadrulado Se utiliza para definir los colores de los diferentes tipos de actividades que se muestran en Gráfica PERT

Mostrar Saltos de Página Define saltos de página para la gráfica.

Vinculos Define el tipo de líneas que unen a las actividades.

Aceptar Acomoda la gráfica de PERT de la manera más óptima.

Existen dos formas de visualizar la ruta crítica.

a)Mostrando todas las actividades a detalle

1 - **Ver -gráfica PERT**

b)Mostrando solamente el número de identificación de las tareas.

1 - **Ver -Zoom.**

LA GRAFICA DE RECURSOS.

Es una representación gráfica de la utilización máxima de un recurso a través del tiempo. Esta gráfica puede ser utilizada para ver un perfil de la asignación del recurso y detectar si un recurso está sobre utilizado para reasignar y balancear los recursos adecuadamente en la forma de recursos entre otros datos.

Para activar la gráfica de recursos.

Ver - Recursos

Esta vista también puede ser formateada. En el menú **Formato** encontrará las opciones de

Fuentes. Sirve para cambiar el tipo, color y efectos de todas las letras que aparecen dentro de la pantalla

Cuadrículado. Define el tipo de línea, color y ancho de las guías que separan los datos en la pantalla

Escala de Tiempos. Sirve para definir la unidad de tiempo en la que se expresarán las barras la gráfica de recursos

Barras. Se utiliza para definir los colores de las barras y símbolos que se muestran en la gráfica de recursos.

En la gráfica de recursos se pueden ver algunos datos importantes en forma gráfica. En el menú de **Format** encontrará los diferentes tipos de gráficas que puede mostrar esta vista

Unidades de Recursos. Es el número máximo de unidades del recurso asignados a trabajar durante el tiempo expresado en la escala de tiempos. En esta gráfica mostrará como sobrelocalizado el número de unidades que exceda el número máximo de recursos.

Trabajo. La cantidad de horas hombre expresado en la unidad designada en la escala de tiempos.

Trabajo Acumulado. Es la cantidad de horas hombre acumuladas que trabaja el recurso en un periodo de tiempo.

Sobreutilizado. Muestra la cantidad de trabajo que está sobrelocalizado durante el periodo de tiempo.

Porcentaje Reservado. El porcentaje de la capacidad del recurso, muestra cuanto de su tiempo está dedicando a esa actividad.

Disponible. Muestra cuantas unidades de recursos se encuentran disponibles y se pueden asignar a las tareas.

Costo. Muestra el costo del recurso durante el periodo de tiempo

Costo Acumulado. Muestra el costo acumulado del recurso hasta el periodo especificado

RUTA CRITICA DE TAREAS

La ruta crítica de tareas es una versión especializada de esta gráfica donde se muestran los sucesores y predecesores inmediatos de esa tarea. Esta ruta crítica muestra por medio de nodos las actividades unidas entre sí y su tipo de

relación. La ruta crítica de actividades es sólo un reflejo gráfico de las tareas dadas de alta.

Para desplegar la ruta crítica por tareas.

Ver-Diagrama PERT

El Diagrama PERT puede ordenarse de diferentes maneras con la opción Ordenar del menú Herramientas

GRAFICA DE UTILIZACION DE RECURSOS.

Esta hoja muestra la localización del recurso expresado en horas de trabajo y costo. Esta información es tomada de la asignación del recurso a las actividades del proyecto

La gráfica consta de dos partes: una tabla, y los datos resultantes de la asignación de recursos.

En esta gráfica se pueden formatear:

Herramientas-Ordenar. Se utiliza para ordenar los recursos de acuerdo a uno de los casos

Formato-Fuente. Sirve para cambiar el tipo, color y efectos de todas las letras que aparecen dentro de la pantalla

Cuadrícula. Define el tipo de línea, color y ancho de las guías que separan los datos en la pantalla.

Escala Temporal. Sirve para definir la unidad de tiempo en la que se expresarán las barras la gráfica de recursos.

En la gráfica de utilización de recursos se pueden ver algunos datos importantes en forma gráfica. En el menú de FORMAT encontrará los diferentes tipos de gráficas que puede mostrar esta vista.

Formato-Detalles

Unidades de Recursos Asignados Es el número máximo de unidades del recurso asignados a trabajar durante el tiempo expresado en la escala de tiempos. En esta gráfica mostrará como sobrelocalizado el número de unidades que exceda el número máximo de recursos.

Trabajo La cantidad de horas hombre expresado en la unidad designada en la escala de tiempos.

Trabajo Acumulado Es la cantidad de horas hombre acumuladas que trabaja el recurso en un periodo de tiempo

Sobreasignaciones Muestra la cantidad de trabajo que está sobrelocalizado durante el periodo de tiempo

Asignación Porcentual El porcentaje de la capacidad del recurso, muestra cuanto de su tiempo está dedicando a esa actividad.

Disponibilidad. Muestra cuantas unidades de recursos se encuentran disponibles y se pueden asignar a las tareas.

Costo. Muestra el costo del recurso durante el periodo de tiempo.

Costo acumulado Muestra el costo acumulado del recurso hasta el periodo especificado.

PARA ACTIVAR LA HOJA DEL USO DE RECURSOS.

Ver-Uso de Recursos.

3.4 REPRESENTACION DE LOS RECURSOS.

Los recursos tienen 2 maneras diferentes de consultar su información. Cada una de ellas muestra datos específicos acerca de el recurso.

LA FORMA DE RECURSOS.

Esta forma muestra los detalles relacionados a un recurso y se puede incluir información como costos, calendario programado, trabajos y notas o comentarios referente al mismo

Para desplegar la forma de recursos.

Ver-Hoja de recursos

En esta vista como se explica en el tema Representación de recursos tiene datos para la definición de un recurso que se puede asignar a uno o más proyectos.

LA PANTALLA DE COSTOS Muestra el costo de los recursos que se le han asignado a las actividades el costo planeado, el costo erogado hasta el momento y el costo remanente por erogar.

LA PANTALLA DE TRABAJO Muestra el número de horas de jornada laboral y de horas extras que esta ocupando un recurso para desarrollar la actividad.

LA PANTALLA DE Uso de Recursos. Muestra información acerca de las tareas que utilizan un mismo recurso, las fechas de asignación de cada trabajo, el número de recursos asignados y el número de horas que el recurso se dedicará a la actividad

PARA ACTIVAR LA PANTALLA DE TRABAJO

Ver-Hoja de recursos.

3.5 REPRESENTACION DE LAS ACTIVIDADES.

Las actividades tienen 3 maneras diferentes de consultar su información. Cada una de ellas muestra datos específicos acerca de la actividad.

3.5.1 ENTRADA DE ACTIVIDADES.

Esta entrada es una vista combinada de la forma de entrada de actividades y las barras de Gantt. En las barras de Gantt se pueden insertar actividades y su duración, mientras que la forma de entrada de actividades muestra información detallada acerca de esa actividad y de los recursos que se le han asignado y las actividades que tiene como predecesores.

PARA ACTIVAR LA VISTA DE ENTRADA DE ACTIVIDADES

Ver-Mas presentaciones-Entrada de Tarea.

3.5.2 FORMA DE ACTIVIDADES.

La forma de actividades es la pantalla que aparece en la parte posterior de la vista de entrada de actividades. Como se mencionó anteriormente, esta forma se utiliza para dar entrada a las actividades del proyecto y ver los recursos que tiene asignados y las tareas que deben de empezar antes, después o al mismo tiempo que ella.

La forma de recursos contiene a su vez ocho pantallas para consultar o actualizar la información contenida en ellos. Estas pantallas se encuentran en el menú de Formato-Detalles:

Recursos y predecesoras. Muestra los recursos y predecesores de la actividad.

Recursos y Sucesoras. Indica cuáles son los recursos y los sucesores de cada actividad.

Predecesoras y Sucesoras. Muestra los predecesores y sucesores de la actividad.

Calendario de Recursos. Muestra a detalle los recursos asignados a la actividad: el nombre, la cantidad y el periodo en el que está utilizando los recursos.

Trabajo de recursos. Muestra las horas de trabajo de los recursos asignados a la tarea.

Costo de recursos. Muestra el costo de los recursos asignados a la tarea

Notas. Es un espacio para escribir comentarios acerca de la actividad

Objetos. Es una pantalla donde se pueden agregar objetos hechos en otras aplicaciones como gráficas o dibujos. Aquí puede tener una gráfica especial basada en datos del proyecto

PARA ACTIVAR LA FORMA DE ENTRADA DE ACTIVIDADES

Tan solo hay que posicionarse en la parte superior de la pantalla.

3.5.4 HOJA DE TAREAS.

La hoja de tareas despliega información acerca de cada actividad en forma de filas y columnas. Esta forma facilita la entrada, modificación, ordenamiento y filtrado de datos y puede llegar a ser un reporte de calidad de presentación.

Dentro del menú de **H**erramientas usted encontrará los comandos de

Ordenar. Se utiliza para ordenar las actividades de acuerdo a uno de los campos contenidos en la parte izquierda de la vista.

Dentro del menú **F**ormato se tiene los siguientes comandos

Fuentes. Sirve para cambiar el tipo, color y efectos de todas las letras que aparecen dentro de la pantalla

Cuadrícula. Define el tipo de línea, color y ancho de las guías que separan los datos en la pantalla.

Barra. Es para formatear la presentación de las actividades resumen y sus subactividades. ~~En el capítulo de planeación se explicó el uso de esta opción.~~

33.6 TABLAS DE INFORMACION

Dentro de las hojas de recursos y tareas se pueden ver diferentes pantallas que contienen información específica. A estas pantallas se les conoce como TABLAS.

Al analizar y optimizar su proyecto usted podría necesitar de información o campos en diferentes Tablas que Project no da por default. Usted tiene la posibilidad de modificar las tablas para agregar campos de información.

3.6.1 CREACION Y MODIFICACION DE TABLAS

Project cuenta con diferentes tablas para la hoja de recursos y de actividades. Las tablas más importantes se encuentran en el menú. Si usted desea utilizar una tabla del menú simplemente seleccione el menú Ver-Tabla y la tabla que desea.

Para utilizar una tabla que no se encuentra en el menú siga el procedimiento que se explica a continuación:

- 1 - Ver-Tabla-Mas tablas
- 2.- Seleccione con un click la tabla que desea utilizar.
- 3 - Oprima el botón Aplicar

Para modificar una de las tablas que ya existen

- 1.- Ver-Tabla-Mas tablas.
- 2.- Seleccione la tabla que desea modificar.
- 3.- Oprima el botón Editar.
- 4 - Usted podrá agregar campos o eliminar campos según lo necesite. Si desea Agregar un renglón Coloque el cursor del mouse donde desea agregar el campo que desea ver en esa tabla y oprima el botón insert. Coloque el cursor en los campos de Nombre del campo y Ancho y con ayuda de la caja de diálogos que esta junto a la zona de entrada seleccione el nombre del campo, la alineación y la longitud. Usted puede escribir en Titulo el título de la columna.

Si desea eliminar un campo, seleccione el campo que desea borrar y oprima el botón delete.

- 5.- Seleccione Aceptar
- 6.- Seleccione Aplicar para que vea como se formo la tabla.

Debe de tener en cuenta que al modificar una tabla original, el formato o los campos que contenia no se conservarán en esa tabla. Es recomendable que en lugar de modificar una tabla original, haga una copia y formatearla según sus necesidades

Para hacer una copia de la tabla:

- 1.- Ver-Tabla-Mas tablas
- 2.- Seleccione la tabla en que desea basarse
- 3 - Oprima el botón Copiar
- 4 - Escriba el nombre de su tabla en el cajón de Nombre. Como usted ha observado todos los comandos contienen una letra subrayada para invocar el comando con el teclado. Si usted desea que aparezca una letra o número subrayado para invocarlo con el teclado ponga el signo & antes del caracter. Se recomienda ampliamente que las nuevas vistas se numeren y el número sea el que este subrayado. Por Ejemplo.

&1.- Nombre de la tabla

- 5 - Usted podrá agregar campos o eliminar campos según lo necesite. Si desea Agregar un renglón Coloque el cursor del mouse donde desea agregar el campo que desea ver en esa tabla y oprima el botón insert. Coloque el cursor en los campos de Nombre del campo y Ancho y con ayuda de la caja de diálogos que esta junto a la zona de entrada seleccione el nombre del campo, la alineación y la longitud. Usted puede escribir en title el titulo de la columna.

Si desea eliminar un campo, seleccione el campo que desea borrar y oprima el botón delete

- 5.- Seleccione Aceptar
- 6 - Seleccione Aplicar para que vea como se formo la tabla.

Si usted no desea basarse en ninguna tabla, es decir crear una tabla nueva. puede seguir los siguientes pasos:

~~1.- Ver-Tabla-Mas tablas~~

- 2.- Oprima el botón Nueva.
- 3.- Escriba el nombre de su tabla en el cajón de Nombre. Como usted ha observado todos los comandos contienen una letra subrayada para invocar el comando con el teclado. Si usted desea que aparezca una letra o número subrayado para invocarlo con el teclado ponga el signo & antes del caracter. Se recomienda ampliamente que las nuevas vistas se numeren y el número sea el que este subrayado. Por Ejemplo:

&1.- Nombre de la tabla.

4 - Coloque el cursor en los campos de Nombre del campo y ancho y con ayuda de la caja de dialogos que esta junto a la zona de entrada seleccione el nombre del campo, la alineación y la longitud. Usted puede escribir en title el titulo de la columna

5 - Seleccione Aceptar

6 - Seleccione Aplicar para que vea como se formo la tabla.

Usted puede tener cuantas tablas como usted desee, pero solo veinte de ellas aparecerá en el menú.

Usted también puede borrar tablas con el siguiente procedimiento

1 - Ver-Tabla-Mas tablas

2.- Seleccione la tabla en que desea borrar.

3 - Oprima el botón Organizar-Eliminar

4 - Seleccione el botón de Cerrar

Las tablas que usted creó son por el momento temporales, es decir, que la proxima vez que utilice PROJECT, usted no podrá utilizar las tablas que se crearon.

Para guardar las tablas de manera permanente en la pantalla usted tendra que

1.- Verificar que Archivo-Guardar información tenga la opción PROMPT FOR SAVE.

3.- Seleccione Aceptar.

La opción de Prompt for Save hará que Project le pregunte en el momento de salir si desea salvar el archivo Global.MPV, en este archivo también se salvan las vistas que usted haya creado.

3.6.2. TABLAS DE LA HOJA DE ACTIVIDADES

La hoja de recursos cuenta con 7 tablas que usted puede utilizar:

Costo. Muestra una comparación de costos.

Entrada. Esta tabla siempre aparece cada vez que se llame a la hoja de recursos. Por lo general en esta tabla se hace la captura inicial de los recursos del proyecto.

Resumen. Muestra un resumen de los campos más importantes de los recursos.

Trabajo. Muestra una comparación del trabajo planeado contra el real.

Uso. Es una tabla muy sencilla, solo tiene los campos de ID y Nombre y Trabajo.

Exportar. Esta tabla no se encuentra en el menú. Contiene todos los campos relacionados con recursos. Se utiliza por lo general cuando se desea exportar la información de Project a otra aplicación Windows.

3.6.3 TABLAS DE LA HOJA DE ACTIVIDADES.

La hoja de recursos cuenta con 12 tablas que usted puede utilizar:

Costo. Muestra una comparación de costos.

Entrada. Esta tabla siempre aparece cada vez que se llame a la hoja de actividades. Por lo general en esta tabla se hace la captura inicial de las actividades del proyecto.

Calendario. Es una tabla que muestra las fechas programadas para cumplir las actividades y la holgura.

Resumen. Muestra un resumen de los campos más importantes de las actividades.

Seguimiento. Esta tabla es de gran utilidad para administrar el proyecto.

Varianza. Es una tabla que compara las fechas planeadas contra las fechas reales tanto de inicio como de terminación.

Trabajo. Muestra una comparación del trabajo planeado contra el real.

Fechas límites. Esta tabla muestra las condiciones de inicio o terminación de las actividades.

Retardos. Esta tabla no está disponible en el menú de TABLE. Indica las demoras de las actividades, para así brindar una ayuda a la nivelación del proyecto.

Recursos Incluidos Brinda información relacionada a lo erogado en costos y lo trabajado en horas hombre.

Exportar Esta tabla no se encuentra en el menú. Contiene todos los campos relacionados con actividades. Se utiliza por lo general cuando se desea exportar la información de Project a otra aplicación Windows.

Proyecto. No se encuentra en el menú. Esta tabla tiene la información del plan original.

3.7 UTILIZACION DE LAS OPCIONES DE FORMATO.

Como se explico anteriormente cada una de las vistas o pantallas tienen sus propias opciones para personalizar o dar una presentación personal a las vistas. A continuación se explicarán a detalle los elementos de cada una de las opciones.

3.7.1 ORDENACION DE VISTAS.

Microsoft Project ordena todas las vistas basandose en su número de identificación (ID).

Usted puede ordenar tanto sus recursos como sus tareas para enfocarse en detalles importantes de su proyecto.

La opción de ordenamiento es **Ordenar** y se encuentra en el menú de **Herramientas**. Se pueden especificar hasta tres llaves de ordenamiento. Las llaves equivalen a los campos sobre los que se va a ordenar la información. La segunda y tercera llave funcionan solamente en caso de haber un empate en la llave anterior, es decir, que la información a ordenar sea igual.

PARA ORDENAR UNA VISTA.

- 1.- Seleccione **Herramientas-Ordenar**. A continuación aparecerá esta pantalla:
- 2.- Seleccione el campo en el que se basará la ordenación de la primera, segunda y tercera llave con la ayuda de la flecha de lista. Para que el ordenamiento se lleve a cabo es necesario poner un campo en la primera llave por lo menos.
- 3.- Seleccione el tipo de ordenamiento. Ascendente que va de menor a mayor o Descendente que va de mayor a menor en cada una de las llaves que haya definido para la ordenación.

4.- En caso de tener tareas de resumen seleccione la opción Guardar la Estructura del Esquema, para que las subactividades no se separen de su tarea resumen en el momento de la ordenación

5 - Oprima el botón de Ordenar

El botón de Renumerar tareas Permanentemente se seleccionará solo si usted desea cambiar el numero de identificación en base al ordenamiento seleccionado.

El botón de Restablecer regresará el ordenamiento default.

3.7.2. FORMATEO DE TEXTOS.

Usted puede cambiar el tipo de texto que aparece en las actividades y recursos para ver los diferentes tipo de tareas y recursos que tiene su proyecto

PARA CAMBIAR EL TEXTO DE LAS ACTIVIDADES.

- 1.- Seleccione Formato-Estilos de texto. Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación.
- 2.- Seleccione con un click el tipo de actividad o recurso que desea modificar
- 3 - Seccione el tipo de Fuente, Tamaño y Color con las flechas de lista que aparecen debajo de cada una de las opciones.
- 4 - Seleccione los efectos de Bold, Italic y Underline según el tipo de texto que desea obtener.
- 5.- Oprima el botón de Aceptar.

~~En caso de querer utilizar los fonts que tiene disponibles en la impresora,~~
seleccione la opción de Printer Fonts.

3.7.3 FORMATEO DE LAS LINEAS O GUIAS DE LAS VISTAS.

Usted puede cambiar el tipo de lineas que separan las tareas y los recursos en las hojas de actividades y recursos.

PARA MODIFICAR LAS LINEAS DE LAS HOJAS.

- 1 - Seleccione **F**ormato-**C**uadrículas. Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación:
- 2.- Seleccione el tipo de línea y el color con las flechas de lista que aparecen a la derecha de Type y Color
- 3 - En caso de que desee dos tipos de línea diferentes en sus hojas seleccione el intervalo en el que aparecerá el otro tipo de línea y el color.
- 4 - Oprima el botón de Aceptar..

3.7.4 MODIFICANDO LA ESCALA DE TIEMPOS.

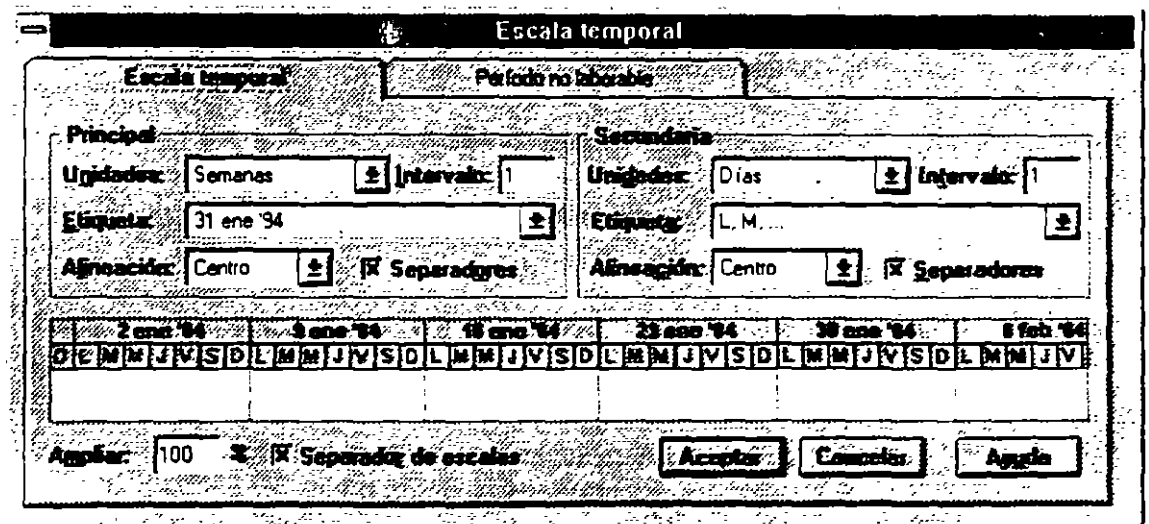
La escala de tiempos o Timescale define el tipo de periodo en el que se va a representar algunos datos dentro del proyecto.

Usted puede modificar la escala de tiempos de una manera más rápida con los iconos de la barra de herramientas

Cambia la escala a un periodo de tiempo mayor.

Cambia la escala a un periodo de tiempo menor.

Si usted desea configurar otras opciones adicionales tendrá que entrar a la opción **E**scala **T**emporal del menú **F**ormato, donde aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación:



Usted cuenta con dos escalas: la mayor que se encuentra en la parte superior de la escala de tiempos y la escala menor que se encuentra abajo de la escala mayor. En ambas se pueden definir el tipo de unidad de tiempo (Unidades), cuidando que la unidad de la escala menor no sea mayor al de la escala mayor. Se puede definir también la etiqueta de la unidad de tiempo (Etiqueta) así como su alineación (Alineación) y el intervalo en el que aparecerán las etiquetas (Intervalo).

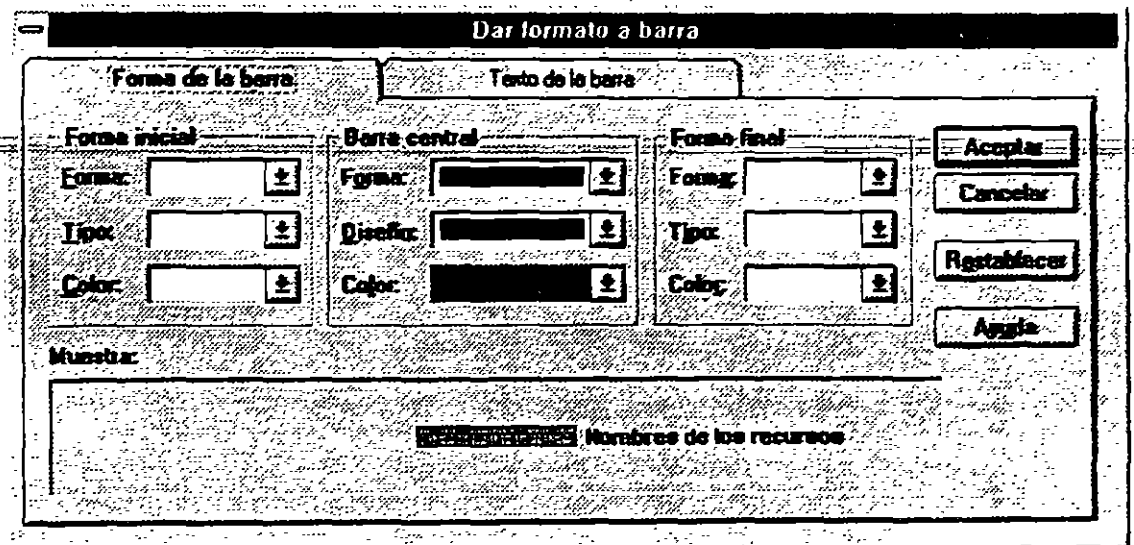
Al activar la opción de Separadoras las etiquetas serán divididas por líneas. La opción de Separador de Escalas dividirá con una línea horizontal la escala mayor y la escala menor.

La opción de ampliar ampliará o reducirá la escala de tiempos. Los valores menores a 100 la reducirán, los valores mayores a 100 la ampliarán. Al reducir la escala de tiempos usted podrá ver más información en la pantalla.

3.7.5. FORMATEO DE LAS CAJAS EN LA GRAFICA PERT

La vista de la gráfica de PERT contiene cajas donde se muestra la información más importante de las actividades. Cada tipo y color de caja representa un tipo de actividad. Usted puede formatear estas características con el siguiente procedimiento:

- 1 - Seleccione **Formato-Barras**. Usted verá la pantalla que se muestra a continuación:



- 2.- Seleccione con un click el tipo de actividad que desea modificar.
- 3.- Seleccione con las flechas de lista de Estilo y Color el tipo de caja que representara a esa actividad
- 4.- Oprima el botón de Aceptar

4. ADMINISTRACION DEL PROYECTO.

Después de haber cerrado el proyecto se debe de ir actualizando para poder comparar contra lo que se planeo originalmente y asi detectar las actividades que se evadieron, se retrasaron o comenzaron y terminaron tarde. Con Project usted puede detectar con anticipación los problemas y así reorganizar su calendarización, trabajo o costos del proyecto

La administración del proyecto le ayudará a contestar preguntas como

¿Cómo se compara el proyecto actualmente contra el proyecto que se planeó?

¿Cuál es el impacto de las actividades que se agregan después en la fecha de terminación del proyecto?

¿Cómo se comparan las horas que los recursos están utilizando para cumplir las actividades contra las programadas en el plan original?

Para resolver todas estas preguntas se deben de hacer tres actividades que llevarán el seguimiento del proyecto:

- Establecer un plan salvando la calendarización inicial.
- Actualizar la calendarización.
- Comparar la calendarización actual contra la planeada.

4.1 OPTIMIZACION Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

Seguimiento del progreso del proyecto

Crear la programación es sólo el primer paso para una administración exitosa del proyecto. Con Microsoft Project, también puede seguir el progreso del proyecto. Realizar un seguimiento del progreso ofrece varias ventajas. Puede:

- Identificar y resolver los problemas que se produzcan.
- Generar informes de estado para la administración y los participantes en el proyecto.
- Conservar datos históricos que le ayuden a planificar proyectos futuros de una forma más precisa.

Con Microsoft Project, puede seguir la información acerca de la programación con diferentes niveles de detalle. Si sólo está interesado en las fechas programadas, puede seguir solamente las fechas de comienzo y de fin de sus tareas. Si está interesado en otros aspectos del proyecto, como los costos y el uso de los recursos, puede seguir el proyecto con un mayor grado de detalle.

El seguimiento del proyecto es un proceso que consta de tres pasos como ya se había visto :

- Crear una planificación prevista basada en la programación preliminar.
- Actualizar periódicamente la programación para reflejar el progreso del proyecto.
- Comparar la información actualizada de la programación con la planificación prevista para determinar hasta qué punto se ajusta el progreso del proyecto a lo planificado.

Cuando compare la programación actual con la planificación prevista de forma regular, podrá identificar las discrepancias, conocidas como variaciones, entre el progreso planificado y el actual. Si detecta las variaciones en un momento poco avanzado del proceso, podrá ajustar los problemas de la programación antes de que se conviertan en críticos.

¿Por qué configurar una planificación prevista?

La planificación prevista proporciona una base para la comparación de costos, trabajo y fechas programadas que permiten seguir el progreso del proyecto. Mediante la comparación entre la planificación prevista y la información actual, puede seguir el progreso del proyecto para asegurarse de que las tareas cumplen la programación, los recursos realizan el trabajo en el tiempo asignado y los costos no exceden el presupuesto.

Cuando se establece una planificación prevista, Microsoft Project guarda la información del proyecto en los campos correspondientes a las fechas, costos y trabajos previstos. Por ejemplo, cuando configura la planificación prevista, Microsoft Project copia la información de los campos "Comienzo" y "Fin" en los campos "Comienzo previsto" y "Fin previsto".

Después de crear una planificación prevista, puede modificarlo para ajustar los cambios del proyecto como la combinación, adición o borrado de tareas. Además de la planificación prevista puede guardar hasta cinco planes provisionales para comparar las fechas programadas. La información del plan provisional es útil para el mantenimiento de los datos históricos, de manera que en el futuro pueda planificar proyectos similares de forma más precisa.

Microsoft Project brinda dos formas de capturar la planificación prevista una vez que la planeación inicial está completa. La primera es con el Asistente de planeación. La primera vez que usted graba un archivo, el Asistente de Planeación le preguntará si desea grabarlo como con una plantilla. Si usted responde Si, el Asistente de Planeación grabará tanto la fecha de inicio como la de término en un segundo archivo. Cualquier cambio que usted realice a futuro en las actividades de su proyecto, serán comparadas con estas fechas. De otra forma, usted graba el archivo de la forma usual.

// figura base line

4.2 DÉFINICION DEL PLAN DEL PROYECTO.

Para establecer un punto de comparación entre lo planeado y lo real se debe de salvar una copia del proyecto antes de que comience con sus actividades. La versión inicial de lo programado para el proyecto se le llama plan y contiene las fechas originales de inicio y final así como los costos y las horas de trabajo

Para hacer el plan del proyecto.

- 1 -Seleccione OPTIONS-SET PLAN.
- 2 -Elija en la pantalla ALL TASKS.
- 3 -En el campo COPY seleccione SCHEDULED START/FINISH.
- 4 -En el campo INTO seleccione PLANNED START/FINISH.
- 5 -Seleccione OK.

Con la creación de este plan usted ya tiene el punto de comparación contra lo que se va a hacer realmente en el proyecto.

Al terminar esta operación usted podrá apreciar en las diferentes tablas donde aparecen campos plan que el valor ya no es cero o nulo, sino que ahora tiene el valor que se definió.

4.3 ACTUALIZANDO EL PROYECTO.

Debido a que los proyectos raramente se hacen conforme a lo planeado aún cuando existió una excelente planeación se necesita actualizar el proyecto periódicamente en respuesta a los cambios que presenta el proyecto. Se necesita llevar un seguimiento de las tareas que empiezan y se terminan tarde, de las tareas que no se hacen y actividades que terminan antes.

La frecuencia con la que se deben de actualizar lo que se ha programado depende de la frecuencia en la que se necesite monitorear o revisar el avance del proyecto. La actualización da información de lo que ha sucedido hasta el momento, y muestra el efecto de como la calendarización de la tarea y las fechas de terminación cambian.

4.3.1 UTILIZACION DE FILTROS.

Para la detección de problemas y avance del proyecto, este paquete cuenta con filtros los cuales hacen una búsqueda tanto de tareas como de recursos de

acuerdo a criterios establecidos por Project. Además de contar con estos filtros, usted puede crear filtros con sus propios criterios de selección para una selección más específica de información

Project cuenta con filtros para actividades y recursos.

FILTROS PARA ACTIVIDADES Estos filtros serán disponibles cuando se utilice cualquier lista, tabla o gráfica de actividades

All Tasks-Muestra todas las tareas

Attachments-Muestra las actividades que tienen objetos o notas escritas

Completed-Muestra las tareas que se han finalizado.

Critical-Muestra las tareas que son críticas.

Date Range-Muestra las actividades que deben de comenzar en el rango de fechas que se especifique.

Fixed Dates-Muestra las actividades que tienen otra condición de terminación diferente a As Soon As Posible o tienen una fecha de inicio actual.

In Progress-Muestra las actividades que han empezado pero aún no terminan, es decir, tienen ya la fecha de Actual Start.

Milestones-Muestra actividades cuya duración es cero.

Overbudget-Muestra las actividades cuyo costo es mayor al planeado

Should Start-Muestra las tareas que tienen una fecha programada Scheduled Start, anterior a la fecha que se especifica en la ventana de entrada, y no han empezado, es decir, que la fecha de Actual Start no ha sido llenada.

Sliping-Muestra las tareas que van a terminar después de lo planeado y las que aún no han terminado

Task Range-Muestra las actividades que tengan su ID entre el rango que se especifica.

Using Resource-Muestra las tareas que están utilizando el recurso que se le especifique.

FILTROS PARA RECURSOS Solo podrán utilizarse cuando se active una tabla, lista o gráfica de recursos.

All Resources-Muestra todos los recursos

Attachments-Muestra los recursos que tienen objetos o notas escritas.

Cost Overbudget-Muestra los recursos que se exceden del presupuesto planeado.

Group-Muestra los recursos que pertenecen al grupo que se le especifique

Overallocated-Muestra los recursos que están asignados y su número rebasa al máximo de unidades especificadas.

Resource Range-Muestra los recursos que tengan su ID entre el rango que se especifica.

Work Overbudget-Muestra los recursos que tienen programado más trabajo que el planeado.

Los filtros de recursos y actividades se encierran en tres categorías.

AUTOMATICOS Son filtros que de manera automática despliegan la información.

INTERACTIVOS Donde desplegarán la información dependiendo del criterio o rango que usted le proporcione.

CALCULADOS Donde se comparan el contenido de dos campos

Usted puede crear un nuevo filtro basándose en uno existente e imprimirle uno o varios criterios de selección.

- 1.- Seleccione **FILTER DEFINE**. Aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación
- 2.- Marque un filtro.
- 3.- Oprima el botón **COPY**. Usted verá la siguiente pantalla
- 4.- Modifique el nombre del filtro.

- 5.- Coloque en el cajón con el título de Field Name y seleccione de la flecha de lista que aparece en la parte superior de la caja el campo sobre el que desea hacer el filtro
- 6.- Coloque en el cajón de Test y seleccione de la flecha de lista el tipo de prueba que desea establecer.
- 7 - En el cajón de valores seleccione el valor o el campo contra el que desea comparar
- 6 - OK
- 7.- Set

El proyecto puede ser actualizado de diferentes formas, sin embargo antes de empezar hay que activar la calendarización real del proyecto

PARA ACTIVAR LA CALENDARIZACION REAL.

OPTIONS-SET ACTUAL.

Usted ya está listo para comenzar la actualización.

Como se mencionaba anteriormente las fechas y la duración del proyecto pueden cambiar. A continuación usted podrá administrar el proyecto indicando las actividades que ya han terminado

ACTUALIZACIÓN CON PORCENTAJES.

El porcentaje de la duración total de la actividad que ha sido completado es una forma de ver que tanto ha avanzado la actividad.

Un porcentaje de 0% indica que la actividad no ha empezado, mientras que 100% indica la actividad finalizada.

Siguiendo los pasos que se describen a continuación y con la ayuda de la tabla 4.1 establecerá un grupo de tareas que ya han sido terminadas.

PARA ACTUALIZAR CON PORCENTAJES.

- 1.- Seleccione la vista de entrada de actividades.

(VIEW-TASK ENTRY).

- 2 -Seleccione la actividad que desea actualizar su porcentaje de avance en las barras de Gantt
- 3 -Seleccione la pantalla inferior (TASK FORM).
- 4 -Coloque en el campo Percent Complete.
- 5.-Teclee el porcentaje de avance.
- 6 -Elija OK.

Id % de Terminación

- | | |
|---|------|
| 1 | 100% |
| 2 | 100% |
| 3 | 100% |
| 4 | 100% |
| 5 | 100% |

tabla 4.1

Notése como en las actividades que ya finalizaron las barras de Gantt cambian de color y se pone una línea negra a través de las mismas. En las fechas de inicio y terminación de estas actividades en el campo de actual cambian de NA que significa Not Assigned a la fecha que estaba en Plan.

ACTUALIZACION CON INFORMACION REAL.

Además de actualizar en cuanto al porcentaje de avance usted también puede utilizar las fechas reales de inicio, duración y finalización de la actividad, así como retardar o aplazar actividades que realmente tuvieron más duración. Siga los siguientes pasos para definir una duración extra de las actividades y capture la duración real que se encuentra en la tabla 4.2.

PARA ACTUALIZAR CON información real.

- 1.- Seleccione la vista de entrada de actividades.

(VIEW-TASK ENTRY).

2.- TABLE-TRACKING

3.- Seleccione la actividad que desea actualizar su duración en la lista

4.- Coloque en el campo ACTUAL DURATION

5 - Teclee la información real.

6 - Acepte la información

Actividad Duracion Actual

11 6d.

12 5d

13 4d.

14 5d.

tabla 4 2

Observe como los campos de actual finish y actual start se modifican de acuerdo a la duración de las tareas. Si usted modifica las fechas de Actual Finish y Actual Start, la duración actual se modificará automáticamente

A estas actividades se pueden definir un porcentaje de avance. Utilizando los pasos de Actualizando porcentajes y con la ayuda de la tabla 4.3 modifique los porcentajes de avance de las siguientes tareas:

ID % de Avance.

11 25%

12 70%

13 60%

14 10%

tabla 4.3

Observe como las actividades que eran predecesores de las actividades descritas en la tabla ya tienen un porcentaje de terminación, es decir, del 100%

Existen tareas que empiezan y terminan según lo programado es decir no tuvieron cambios de inicio, conclusión o duración. Para estos casos existe una manera de actualizar todas estas tareas para que el propio Project considere finalizadas o en progreso las actividades que permanecen sin cambio alguno.

PARA ACTUALIZAR LAS ACTIVIDADES QUE NO TIENEN CAMBIOS EN SU INFORMACION

- 1 - Seleccione **OPTIONS-SET ACTUAL**.
- 2 - Digite en el campo **UPDATE AS OF** la fecha hasta donde quiere actualizar sus tareas
- 3 - Seleccione **ALL TASKS**.
- 4 - Presione **OK**.

ACTUALIZACION DE HORAS DE TRABAJO.

Además de las actividades, las horas de trabajo pueden ser actualizadas en caso de que las horas de trabajo hayan aumentado o disminuido según el desarrollo del proyecto. Usted al modificar la duración de las actividades las horas de trabajo se actualizan automáticamente. En caso de que las actividades no cambien en su duración, pero los recursos tienen que trabajar más horas para finalizar en la fecha determinada utilice estos pasos.

PARA ACTUALIZAR HORAS DE TRABAJO.

- 1.- Si usa la forma de actividades elija **FORMAT-RESOURCE WORK**
- 2.- Si usa la forma de recursos elija **FORMAT-WORK**.
- 3.- Modifique el total de horas asignadas a ese recurso para la actividad en el campo **ACTUAL WORK** para indicar las horas trabajadas hasta el momento. En caso de que las horas de trabajo se hayan incrementado modifique el campo **REMAINING WORK** para cada uno de los recursos asignados a esa tarea.

ACTUALIZACION DEL COSTO.

El costo de los recursos puede ser actualizado en caso de que el costo haya aumentado o disminuido según el desarrollo del proyecto.

PARA ACTUALIZAR EL COSTO DEL RECURSO.

1 -Si usa la forma de actividades elija **FORMAT-RESOURCE COST**

2 -Si usa la forma de recursos elija **FORMAT-COST.**

3 -Modifique el costo total actual a ese recurso para la actividad en el campo **ACTUAL COST** para indicar el costo actual del recurso hasta el momento.

4.3 COMPARANDO EL PROYECTO REAL CONTRA LO PLANEADO.

Esta comparación es de gran importancia debido a que por medio de esta operación se pueden detectar actividades que estan causando problemas por no haberse hecho o bien por empezar tarde o bien la asignación de recursos esta fuera de presupuesto

PARA ENCONTRAR ACTIVIDADES NO HECHAS O RETRASADAS

1.- Seleccione **VIEW-DEFINE VIEWS.**

2.- Seleccione **TRACKING GANTT**

3 - Seleccione el botón **SET**

4.- Seleccione la tabla de **VARIANCE O TRACKING** a las barras de Gantt

5.- Seleccione el filtro **SLIPING o SHOULD START O OVERBUDGET.**

INFORME DE ASIGNACIONES. Informa acerca de los recursos que se utilizan en determinado lapso de tiempo para cada tarea.

INFORME DE CARGA DE TRABAJO. Presenta la información acerca de como se distribuyo el tiempo de utilización de los recursos destinados para cada actividad

INFORMES PERSONALIZADOS. Esta opción brinda la posibilidad de elegir la información que se desea presentar en el informe, de modo que se genere un informe personalizado con las características adecuadas a cada requerimiento de información.

5.4 OPERACIONES CON INFORMES.

Para modificar un informe

- 1 -Edite el Informe de Tareas en curso.
- 2 -En el campo Nombre puede insertar otro nombre para el Informe.
- 3 -Para modificar la tabla en uso utilice el campo Tabla.
- 4 -Para modificar el filtro en uso utilice el campo Filtro.
- 5 -Para modificar el tipo de Font y estilo seleccione el botón Texto.
- 6 -Para modificar el orden de las tareas seleccione el folder Ordenar y escriba los criterios de ordenamiento.
- 7 -Para incluir información detallada de las actividades seleccione los el folder Detalles.
- 8.-Para colocar una línea para separar tareas individuales Bandas de grises
- 9 -Seleccione Aceptar
- 10.-Seleccione Preliminar y después Imprimir

Para copiar un informe

En caso de que usted quiera conservar el formato de ese Informe y además basarse en ese Informe para modificar el formato usted puede copiar ese Informe con un nombre y sobre este hacer los cambios que usted elija.

- 1 -Seleccione Ver - Informes.

2 -Seleccione Personalizados

3ª-Seleccione el botón Copiar

4 -Teclee el nombre para su Informe

5 -Haga los cambios que usted requiera.

6 -Elija el botón Aceptar

7 -Para imprimirlo seleccione el botón Preliminar y después Imprimir

Para crear un informe

1.-Seleccione Ver - Informes

2 -Seleccione Personalizados

3 -Seleccione el botón Nuevo.

4 -Seleccione el tipo de Informe que quiere crear

5 -Seleccione las opciones que requiera su Informe.

6.-Elija el botón Aceptar.

7 -Para imprimirlo seleccione el botón Preliminar y después Imprimir.