



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION
DEL CONCRETO PREMEZCLADO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A I
JOSE LUIS RIOS MEJIA

México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO 1 INTRODUCCION

- 1.1 Aspectos históricos y origen del concreto premezclado.

CAPITULO 2 ESTUDIO Y SELECCION DE LOS AGREGADOS

- 2.1 Clases de agregados y Bancos de materiales.
- 2.2 Principales pruebas Físicas de los agregados.
- 2.3 Norma Oficial Mexicana C-111-1982. Agregados para Concreto.

CAPITULO 3 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL CEMENTO

- 3.1 Tipos de cementos y principales pruebas Físicas.
- 3.2 Norma Oficial Mexicana C-1-1980. Cemento Portland.
- 3.3 Características de los cementos actuales.

CAPITULO 4 AGUA Y ADITIVOS

- 4.1 Muestreo del agua.
- 4.2 Norma Oficial Mexicana C-122-1982. Agua para Concreto.
- 4.3 Norma Oficial Mexicana C-200-1978 y C-255-1988 Aditivos para Concreto.

CAPITULO 5 CONTROL DE CALIDAD

- 5.1 Control del almacenamiento de materiales.
- 5.2 Diseño y control de mezclas.
- 5.3 Control del concreto fresco.
- 5.4 Control del concreto endurecido.
- 5.5 Control de producción.

CAPITULO 6 PROBLEMAS COMUNES QUE AFRONTAN LOS PRODUCTORES DE CONCRETO.

CAPITULO 7 CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

C A P I T U L O 1

INTRODUCCION

La elaboración de esta tesis es producto gracias a la ejecución de la quinta etapa del programa Escuela-Industria, realizado del 20 de Junio al 20 de Diciembre de 1988, mediante la concertación del convenio de colaboración establecido entre la Universidad Nacional Autónoma de México y la Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado. Asimismo es el resultado de mi experiencia adquirida en las instalaciones de la empresa Concretos BAL, S.A., miembro de la AMIC.

La idea fundamental de este trabajo tiene como propósito mostrar los principales aspectos que deben ser vigilados por todo aquel profesional que se inicie en el campo de la supervisión y control de calidad del concreto premezclado, así como indicar las principales normas y especificaciones que sancionan la calidad del concreto como producto terminado y también las correspondientes a cada uno de los insumos utilizados en el proceso de su producción.

Las normas a que se hace referencia en los capítulos 2, 3, 4, y 5, son las emitidas por la Dirección General de Normas; perteneciente a la Secretaría de Comercio y Fomento In-

dustrial, y han sido tomadas para este trabajo las normas más actualizadas que a la fecha se tienen.

1.1 Aspectos históricos y origen del concreto premezclado.

La aparición del concreto como material de construcción tuvo sus orígenes en el año de 1756 en el que John Smeaton utilizó la cal calcinada para la construcción de un faro de piedra en la población de Eddystone, 14 millas al norte de Plymouth, Inglaterra; sin embargo no se trataba de un concreto como el que existe en la actualidad, tuvo que pasar mucho tiempo para llegar al concreto que hoy conocemos.

Fue hasta el año de 1824 nuevamente en Inglaterra, donde se obtuvo el primer cemento Portland que mezclado con agregados daría origen al primer concreto del mundo; no obstante sus primeras aplicaciones fueron realizadas hasta 1845 y en los inicios de este siglo se empezó a producir el concreto en plantas para transportarlo a la obra.

Se tiene conocimiento de que los primeros intentos para desarrollar un equipo mezclador móvil para concreto premezclado fueron realizados a principio de este siglo en los Estados Unidos de Norteamérica, donde se supone con cierto grado de certeza que nació la industria del concreto premezclado tal y como se conoce en nuestros días.

Los datos registrados por la historia indican que los primeros equipos utilizados por esta industria estaban forma-

dos por medio de mezcladoras accionadas a base de vapor y cuyo transporte era realizado a través de la tracción de bestias; asimismo la historia se refiere a una empresa en Wyoming, E.U.A., que utilizaba una mezcladora montada en una carreta, pero sin ser accionada a vapor.

Fue hasta el año de 1913 en que se estima el nacimiento de esta industria y en el que el concreto se procesaba ya en planta, posteriormete hacia 1920 aparecen las primeras mezcladoras con motor de gasolina las que fueron montadas en camiones y llevadas a la obra; no obstante el avance registrado en dichos equipos no podían considerarse camiones mezcladores ya que fue hasta el año de 1921 en el que empezaron a surgir las primeras empresas productoras de este tipo de transporte de concreto.

En el año de 1926 el concreto premezclado era ya transportado en un camión revolovedora, diseñado especialmente para entregar el concreto en la obra. Para 1933 la industria ya contaba con plantas y equipos especializados que han seguido un desarrollo paralelo al de los motores de gasolina, llegándose a la fecha a fabricar camiones muy especializados para esta industria.

En nuestro país durante la segunda guerra mundial en 1940, la industria del concreto premezclado hizo sus primeros

intentos con la aparición en la ciudad de México de la empresa Concretos Arvide, S.A.; iniciándose esta con una planta central y dos camiones de volteo que transportaban el concreto premezclado; sin embargo este intento fracasó, pero 11 años más tarde en 1951 la industria comenzó a funcionar como actualmente la conocemos. Su desarrollo en forma continua data de 1953 y presenta aspectos que merecen ser estudiados como contribución al mejoramiento de esta industria en el país; el volumen de venta de esta industria apenas llegaba a $1,000\text{m}^3$ mensuales, en nuestra actualidad es una de las mayores industrias en México con una producción mensual de $150,000\text{m}^3$ - - aproximadamente.

En 1953 las investigaciones sobre la conveniencia de establecer una real industria del concreto premezclado daban resultados bastante sombríos en el sentido de que la clase profesional y los constructores se mostraban muy escépticos y muchos consideraban el ambiente de la ciudad de México poco apto para tal industria, sin embargo la necesidad de operar contra la absoluta falta de control en la producción del concreto, especialmente en las obras medianas y pequeñas y gracias a la entusiasta ayuda de la industria del cemento, favorecieron el establecimiento de la industria del concreto premezclado en forma propia y ya en el plano de preparación y proyectos hacia el futuro.

Las razones de la iniciación tan tardía de esta industria en México posiblemente son sin duda alguna de origen económico ya que la producción del concreto en las obras en forma poco o nada mecanizada resultaba bastante económica, pero para una industria que está en competencia con los propios clientes, la condición expuesta del bajo costo de la mano de obra en nuestra actualidad tiende a ser revertida ya que en la práctica se ha podido demostrar que muchas veces en las obras resulta más económico utilizar concreto premezclado que el hecho en obra y esto es debido a un sin número de factores de falta de control que se presentan en la industria de la construcción.

Las condiciones de vida de la industria del concreto premezclado en México ha obligado a una agresividad notable y a un constante empeño de superación y mejoras; sin embargo hay que dejar asentado que el auge que ha tenido en nuestro país el concreto premezclado se debe primeramente al desarrollo extraordinario que ha tenido en nuestro país la industria de la construcción ya que cada vez más las obras que demanda nuestra sociedad requiere de mayor velocidad y servicio. Asimismo también se debe a que en nuestro país se construye mucho con concreto, considerando esta ventaja sobre otros materiales como la madera muy utilizada en los Estados Unidos.

Los obstáculos que sigue enfrentando la industria del -

concreto premezclado para llegar al consumidor siguen siendo notorios y esto se debe a razones de diferente naturaleza como lo son, que dicha industria sigue siendo en muchos aspectos una industria de volúmenes; lo que la ha convertido en una industria que surte preferencialmente a obras de volumen mediano o grande, otra de las razones es debido a que en gran parte de los programas de obra que tiene el sector gubernamental se limita la utilización del concreto premezclado a cambio de la utilización de mano de obra para la elaboración del concreto; basta mencionar obras de edificación en viviendas de interés social del Infonavit tanto en el área metropolitana como en provincia; otro ejemplo reciente son los programas emergentes de vivienda como el de Renovación Habitacional Popular y Fase II, creados a raíz de los siniestros ocurridos en septiembre de 1985 en la Ciudad de México.

El concreto como es sabido puede ser tan bueno o tan malo no solamente en si, pero también según sean las pruebas que se hacen y que tienen siempre muchos factores de incertidumbre y variabilidad; entre estos factores está la producción de agregados petreos en México de los cuales deberían hacerse consideraciones de gran importancia así como en la industria de extracción de arenas y gravas de bancos naturales, aunque estos se han mejorado mucho en estos últimos años debido a las exigencias de la industria del concreto aunque aún los productos que reciben las compañías premezcladoras tienen

defectos que empiezan con los sistemas de extracción y terminan con variaciones en la granulometría y presencia de materias deletéreas.

En su afán de controlar y vigilar la calidad uniforme de la producción de cada una de sus plantas, algunas empresas -- han intentado lavar los agregados con el objeto de bajar sensiblemente el alto contenido de polvo en las arenas y gravas, pero debido a la falta de agua necesaria este sistema resulta ser muy costoso además de que se estaría desperdiciando el -- agua necesaria para satisfacer necesidades primordiales de -- nuestras ciudades.

A la fecha es importante hacer notar que la mayoría de -- los premezcladores se vienen haciendo cargo de la producción de sus agregados para imponer la calidad necesaria a su producto, aunque hay que aclarar también que todavía están sujetos a consumir agregados que existen en bancos que no son de su propiedad; sobre todo en las plantas que tienen instaladas en la provincia.

Todo hace suponer que la industria del concreto premezclado seguirá creciendo al ritmo que lo demanden las necesidades de la técnica de la construcción y será necesario poder -- surtir a la misma con concreto de más alta resistencia y calidad que en la actualidad.

CAPITULO 2

ESTUDIO Y SELECCION DE LOS AGREGADOS

La continua elaboración de concreto de la calidad especificada, requiere de la vigilancia y atención permanentes de todas las etapas de que consta el proceso para su fabricación; desde el estudio y selección de las materias primas hasta la comprobación de propiedades del producto.

Debido a que la mayor parte del concreto está constituido por agregados minerales, es conveniente tener siempre presente las características y propiedades de estos materiales sobre todo cuando se trata de instalar una planta de concreto premezclado destinada a suministrar concreto para una obra específica; por lo cual es indispensable que antes de iniciar la obra se investigue la existencia y disponibilidad de los materiales tanto en calidad como en cantidad adecuada, lo que presupone una serie de estudios preliminares como lo son los de localizar las fuentes de abastecimiento de agregados.

Es muy importante señalar que cuando se comenzó a aplicar el concreto, los agregados eran considerados como materiales inertes que se añadían a la pasta de cemento únicamente con el fin de incrementar el volumen y reducir el costo del

producto; esta concepción atribuía a las características de la pasta la responsabilidad total en el comportamiento del producto. Sin embargo actualmente las investigaciones desarrolladas han situado al concreto como un conjunto de partículas aglutinadas con pasta de cemento donde los agregados han adquirido la categoría de materiales de construcción cuyas propiedades físicas y químicas influyen en el comportamiento del concreto desde su fabricación hasta el término de su vida útil. Asimismo si antes se tenía la idea de que la resistencia a la compresión del concreto era función exclusiva de la relación agua-cemento, hoy en día se sabe que la influencia del agregado grueso es factor primordial para la resistencia requerida, así como para mejorar las propiedades elásticas del concreto.

2.1 Clases de agregados y Bancos de materiales.

Al considerar las diversas clases de agregados para la elaboración de concreto premezclado es conveniente indicar que existen dos clases principales de agregados:

Naturales y Artificiales, cuya diferencia radica en el origen de las fuerzas que producen la fragmentación de las rocas. En los agregados de origen natural esta fragmentación se debe al efecto paulatino de los elementos que existen permanentemente en la naturaleza como lo son el agua, hielo, aire, o bien a la acción repentina de fuerzas eventuales como erupciones volcánicas.

Los agregados artificiales o mejor conocidos como triturados son aquellos en los cuales la fragmentación de la roca es por medios mecánicos. Existen también agregados mixtos en los que la fragmentación primaria es de origen natural, continuando con una reducción provocada de partículas como lo es el caso de la trituración de boleos y cantos rodados.

Se suele considerar como criterio general que los agregados naturales suelen ofrecer mayores ventajas que los triturados (salvo algunos casos especiales), es por ello que los estudios preliminares están encaminados a la búsqueda de los primeros. Sin embargo no todos son útiles para concreto; por

ello es conveniente conocer el origen de dichos materiales para entender mejor sus diferencias.

Como es sabido de acuerdo a los estudios geológicos, los agregados sean estos naturales o triturados deben proceder de rocas las cuales a su vez se clasifican en tres grupos principales de acuerdo a la forma en que está constituida su estructura:

a) ROCAS IGNEAS.- Formadas por la solidificación de un magma sobre o una cierta profundidad debajo de la superficie terrestre y de acuerdo a su forma de enfriamiento se pueden dividir en intrusivas, solidificadas en el interior de la corteza terrestre y extrusivas o efusivas; las cuales fluyeron a la superficie durante las convulsiones de la corteza terrestre o después de ellas esparciéndose en forma de lavas.

b) ROCAS SEDIMENTARIAS.- Formadas por la consolidación o litificación de sedimentos, sus características dependen de una serie de factores que intervienen previamente a su formación durante la litificación y posteriormente al quedar la roca expuesta a alteraciones por procesos diversos; los factores que determinan la clase de roca y sus condiciones particulares son principalmente la fuente o fuentes de los sedimentos, el agente erosivo o transportador, los medios ambientales de transporte y de depósito y la manera en que la roca se

litifica. De acuerdo al origen del sedimento, se les clasifica en tres grupos: origen mecánico, orgánico y químico.

c) ROCAS METAMORFICAS.- Dentro de este grupo se hallan las rocas cuyas características distintivas han sido producidas por metamorfismo de una manera general, cualquier cambio físico o químico en una roca. Sin embargo el término se restringe a cambios profundos que involucran una nueva cristalización o nueva textura en las rocas.

Las características generales de estas rocas incluyen -- una estructura bandeada y una textura en la que se tiene un intercrecimiento y un entrelazamiento de los cristales. Las causas principales que conducen al metamorfismo son principalmente las altas temperaturas y los intensos esfuerzos, aunque puede ser producido por el efecto de aguas termominerales, gases y otros agentes de menor escala.

La tabla 2.1 resume en forma general las rocas más usuales que integran cada uno de estos tres grupos.

Las rocas ígneas por lo general ofrecen muy buenas propiedades físicas (densidad, dureza, resistencia), excepto las tobas y escorias volcánicas que son porosas y de escasa resistencia.

Tabla 2.1 CLASIFICACION GENERAL DE ROCAS

IGNEAS:	CRISTALINAS DE GRANO GRUESO	DE INTRUSION PROFUNDA Y ENFRIAMIENTO LENTO	GRANITO DIORITA GABRO.
		DE LAVA VOLCANICA. O INTRUSION POCO PROFUNDA Y ENFRIAMIENTO.	RIOLITA ANDESITA BASALTO.
	GRISTALINAS Y VITREAS DE GRANO FINO	IDEM. CONSTANDO ESCENCIALMENTE DE VIDRIO FORMADO POR ENFRIAMIENTO VOLCANICO BRUSCO.	OBSIDIANA VIDRIO
	FRAGMENTADAS	DE FRAGMENTOS DE ERUPCIONES VOLCANICAS. DEPOSITADOS COMO SEDIMENTOS.	CENIZA Y POMEZ ESCORIA VOLCANICA TOBA AGLOMERADO.
	DEPOSITADAS MECANICAMENTE	NO CONSOLIDADAS	ARCILLA. LIMO ARENA. GRAVA
		CONSOLIDADOS	LUTITA-LODOLITA LIMOLITA. ARENISCA CONGLOMERADO, BRECCIA.
SEDIMENTARIAS			
	DEPOSITADAS QUIMICAMENTE O BIOQUIMICAMENTE	CALCAREAS	CALIZA. DOLOMITA MARGA. CALICHE - COQUINA.
		SILICEAS	PEDERNAL. OPALO DOATOMITA.
		DIVERSAS	CARBON FOSFATO EVAPORITAS.
METAMORFICAS			
	FOLIDAS	PIZARRA. ESQUISTO, GNEIS	
	MASIVAS	MARMOL. CUARCITA. HORNFELS	

Entre las rocas sedimentarias las encontramos duras y --
suaves, pesadas y ligeras, densas y porosas; dentro de esta -
categoría predominan las areniscas y calizas que cuando son -
duras suministran agregados buenos, en cambio las lutitas fre-
cuentemente son vistas con desconfianza.

Dentro de las rocas metamórficas también existe gran va-
riedad de características, el cuarzo por ejemplo casi siempre
es de buena calidad pero las pizarras normalmente son de ca-
lidad dudosa.

Una vez que ha sido enunciado en forma generalizada el -
origen de las rocas, es imprescindible indicar que los princ_i-
pales procesos que conducen a la desintegración de rocas en -
la corteza terrestre son: el desgaste de las irregularidades
en el relieve, el diastrofismo y el vulcanismo, de los cuales
el primero es el que contribuye en mayor grado a la formación
de agregados naturales ocasionada por diversos agentes natura_
les físicos y químicos, el diastrofismo a su vez es el proce-
so en el que grandes masas de corteza terrestre se desplazan
unas respecto a otras al experimentar reacomodamientos. Fi--
nalmente el vulcanismo corresponde a los efectos que se mani-
fiestan sobre las rocas en estado de fusión antes de ser pro-
yectadas al exterior y a los efectos que se producen en con--
tacto con la superficie terrestre.

Este último proceso es quizá el que mayor contribuye al suministro de agregados en el área metropolitana de la ciudad de México, ya que existen numerosos ejemplos de rocas fragmentadas de origen volcánico que constituyen yacimientos de agregados naturales los cuales reciben el nombre de depósitos piroclásticos, prueba de ello son las arenas y gravas del Valle de México.

Debido a que la mayor producción de concreto premezclado es realizado en México, ya que aproximadamente representa entre un 50 y 60% de la producción nacional; el estudio del presente trabajo está referido únicamente a los agregados que se encuentran más cercanos a la ciudad de México y que son los más usuales de las empresas: CARSA, Balsa; PRECONCRETO, LACOSA y COMESA.

Hay que aclarar que para las empresas premezcladoras de la provincia la mayor contribución de bancos de materiales para el suministro de agregados naturales lo constituyen los depósitos aluviales o fluviales.

Para dar una idea de los agregados que se encuentran inmersos en los alrededores de nuestra ciudad, recordemos que el valle de México se encuentra limitado por los siguientes puntos:

Hacia el norte con las sierras de Tepetzotlán, Tezontlan y Pachuca; al este por los llanos de Apan y la Sierra Nevada, para el oeste por la Sierra de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo'

Ahora bien, de todos estos puntos el lado poniente es el que ha ofrecido la mayor explotación de agregados; ya que la serranía de las Cruces está formada por terrenos arenolimosos compactos con alto contenido de grava, es de recordarse las minas de Santa Fe, Tacubaya y Mixcoac; en nuestra actualidad aún la mina de Peña Blanca ofrece arena y grava andesítica de buena calidad, asimismo conviene tener presente que en este punto de la ciudad es donde se encuentran asentadas desde su origen las primeras plantas premezcladoras de las empresas -- CARSA, PRECONCRETO y APASCO; ello derivado de la cercanía de los bancos de materiales.

Hacia el lado sur de nuestra gran urbe encontramos el de rrame basáltico de el Pedregal, donde en la actualidad se sabe que existen trituradoras que producen grava basáltica con cida como rodlo.

Hacia el lado oriente se encuentran las minas de los ban cos de Chimalhuacan y la Chatita, ofreciendo este último un material conocido como basalto vesicular cuya forma y textura es semejante al tezontle, pero con propiedades semejantes y -

en algunos casos mejores a una grava basáltica.

Hacia el norte se tiene conocimiento de la producción de agregados por una empresa conocida como TRIBAMEX; no obstante lo expuesto anteriormente conviene tener presente que debido al crecimiento desmesurado del contorno urbano de la ciudad de México, se ha propiciado que los bancos hayan agotado sus volúmenes de explotación y que la calidad de los agregados -- que actualmente se extraen sea desfavorecida; es por ello que en la actualidad las empresas premezcladoras tienen que recurrir al abastecimiento de materiales traídos de lugares más alejados a nuestra ciudad, como es el caso de la empresa BALSA, la cual cuenta con minas propias de arena y grava en la zona de Metepec y San Vicente Chicoloapan en el Estado de México; así como de las empresas CARSA, APASCO y PRECONCRETO -- que utilizan grava caliza traída del Estado de Hidalgo.

Pasando a los agregados triturados, su estudio y selección suele depender cuando no se dispone de agregados naturales, la obtención de estos se realiza por trituración de rocas de calidad adecuada si esta existe; la decisión final de su utilización depende fundamentalmente de un estudio económico que tome en cuenta aspectos tales como el costo unitario de los agregados naturales traídos de lugares lejanos y el -- costo de los agregados producidos por trituración.

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

Durante el proceso de producción de agregados triturados es importante vigilar principalmente los siguientes requisitos:

a) Calidad y homogeneidad de la roca, b) potencialidad y facilidad de explotación de la formación rocosa; c) características del producto.

a) Para conocer la calidad de la roca existente en una formación se requiere por lo general, la inspección de un geólogo experimentado así como la determinación de la uniformidad del material en todas direcciones, determinar la presencia de material alterado superficial y su espesor probable; conocer la existencia de fracturas o juntas rellenas de arcilla o de otro material indeseable y estimar el volumen aproximado aprovechable. Generalmente las propiedades que interesan saber de la roca a explotar son peso específico, absorción, sanidad, composición mineralógica y resistencia a compresión y a la abrasión; para determinarlas es necesario obtener muestras representativas de la roca en diferentes puntos y profundidad de la formación.

b) Potencialidad de la formación, cuando la formación de la roca se manifiesta como un afloramiento bien definido, la estimación de su potencialidad puede efectuarse mediante un simple levantamiento topográfico; de no ocurrir así, es necesario proceder a la ejecución de barrenos de sondeo y al empleo de métodos geofísicos de medición.

c) Las características del producto revisten gran importancia para asegurar con suficiente aproximación la forma y granulometría de los fragmentos que se vayan a producir en el momento de triturar la roca procedente de una cierta cantera, por ello la supervisión de este proceso debe vigilar la obtención equidimensional en la forma del agregado evitando la formación excesiva de polvo durante la trituración.

Normalmente es posible suponer dichas características a través de exámenes macro y microscópicos de la roca, observando su estructura y textura; como se sabe las rocas que no presentan planos débiles definidos (como el cuarzo) ofrecen la misma probabilidad de fracturarse en cualquier dirección y producen fragmentos con tendencia equidimensional, por otra parte rocas que en su estructura tienen granos poco entrelazados tienden a disgregarse demasiado durante la trituración produciendo exceso de material fino, en cambio las rocas compactas fuertemente entrelazadas en sus granos tienden a producir pocos finos durante la misma. Es conveniente tener pre-

sente que también es posible influir en las características - de forma y granulometría del producto, mediante la acelerada selección del equipo que se emplee para la fragmentación de - la roca.

2.2 Principales pruebas físicas de los agregados.

Como se mencionó anteriormente, las características de los agregados influyen sustancialmente sobre las propiedades y comportamiento del concreto ya sea este en su estado fresco o endurecido, es por ello que previamente a la comercialización del concreto se ensayan en el laboratorio mezclas de prueba con el fin de definir los proporcionamientos requeridos con muestras de agregados que supuestamente deben ser representativos de los que se emplearán posteriormente.

Las principales pruebas que se llevan a efecto tanto en los laboratorios centrales como en los que tienen en algunas de sus plantas las empresas premezcladoras, son las siguientes:

Análisis granulométrico, densidad, absorción, contenido de limo, arcilla y materia orgánica; peso volumétrico y sanidad. De entre estas características las más susceptibles de cambiar son su contenido de sustancias deletéreas y su composición granulométrica. Los cambios en la granulometría de los agregados es quizá la propiedad más tendiente a variar, debido a que estos cambios suelen provocar efectos indeseables en el comportamiento del concreto, se suele muestrear frecuentemente el agregado fino y grueso con el fin de obtener su granulometría.

Para la determinación de esta prueba y todas las demás indicadas se seleccionan muestras de grava y arena del material almacenado en cada una de las plantas premezcladoras, el tamaño de dichas muestras debe cumplir con lo indicado en la NOM-C-170, la cual especifica la masa mínima medida en kilogramos para su selección, algunos de cuyos datos se transcriben a continuación:

Arena con tamaño máximo es de 5 mm la muestra será de 100 kg.

Grava con tamaño máximo es de 75 mm la muestra será de 150 kg.

Grava con tamaño máximo mayor de 75 mm la muestra será de 200 kg.

Es importante indicar que la selección de dicha muestra se haga de diversos puntos y direcciones del material almacenado, evitando obtener material de un solo punto, ya que podría caerse en el error de obtener material segregado; la misma norma de referencia que se mencionó anteriormente, indica la forma de reducir las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas de laboratorio.

Generalmente la reducción de dichas muestras se hace utilizando el procedimiento conocido como cuarteo, el que consiste en mezclar uniformemente el agregado y dividirlo en 4 porciones de tal manera de desechar 2 partes y de las 2 restantes volverlas a mezclar y subdividir las en 4 fracciones nuevas; este procedimiento se repite tantas veces hasta obte-

ner una cantidad conveniente que permita realizar las pruebas antes indicadas.

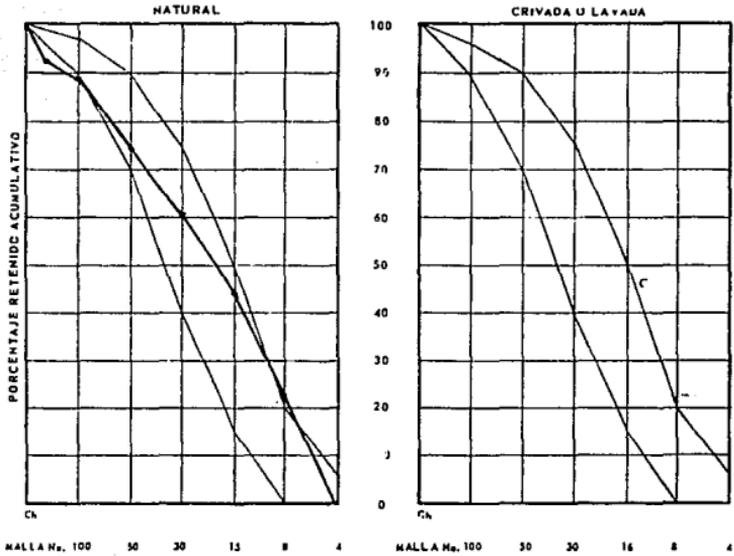
ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARENAS Y GRAVAS

La ejecución de esta prueba permite obtener la distribución de las partículas por tamaños de los agregados finos y gruesos a través de mallas por las cuales se hace pasar un de terminado peso conocido de agregado en estado seco.

Para la determinación de la granulometría de la arena, generalmente se requiere de una muestra cuyo peso oscile entre 500 y 800 gramos; como se indicó este material deberá ser secado a una temperatura de 110°C hasta tener peso constante, posterior a esto se separa el material en fracciones utilizando para ello un juego de mallas estándar especificadas según la Dirección General de Normas en la NOM-B-411, y cuyas denominaciones y aberturas libres en milímetros son las siguientes:

MALLA	ABERTURA
No.	(mm)
8	2.38
16	1.19
30	0.595
50	0.297
100	0.149
200	0.075
CHAROLA	---

LIMITES EN LA GRANULOMETRIA DE LAS ARENAS



DETERMINACION DE LA DENSIDAD

FRASCO CHAPMAN				PICNOMETRO		
F ₁ =	g	F ₂ =	g	F ₃ =	g	P =
A ₀₁ =	g	A ₀₂ =	g	A ₀₃ =	g	A ₁ = 700 g
K ₁ =	g	K ₂ =	g	K ₃ =	g	W =
V _p = 450		F = PESO FRASCO VACIO				
K = PESO (AGUA + ARENA + FRASCO)		A ₂ = PESO ARENA SAT. SUP. SECA				$\frac{A_2}{P + A_1 - W}$
D = $\frac{A_2}{V_p - (K - F - A_2)}$						
D ₁ =		D ₂ =		D ₃ =		
		D _{PROM} =				

LABORATORIO



REGISTRO DE ENSAYE DE ARENA

MATERIAL ARENA DE RIO FECHA DE PRUEBA 20/Nov/88
 ENSAYE NUM. _____ FECHA DE REPORTE _____
 PROCEDENCIA IEBLA ENSAYO Large Vena
 CANT. MAT. RECIBIDO _____ Kg. REVISO _____

PESOS VOLUMETRICOS

ABSORCION

P.(V.24 L.)	5,650	Kg	P _h =	g	P _h =	g	P _h = 400	g
P. V _s	1,379	Kg/m ³	P _s =	g	P _s =	g	P _s = 381.5	g
P.(V.28 L.)	6,100	Kg	DIF =		DIF =		DIF 18.5	
P. V _s	1,534	Kg/m ³	% ABS =		% ABS =		% ABS = 4.5	
							% ABS. PROMEDIO =	4.8

MAT. ORG. _____ MAT. ORG. LAVADA _____

ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO MUESTRA = 650 Kg. DIFERENCIA _____ Kg.
 PESO GRAVA = _____ Kg. GRAVA _____ Kg.

MALLA	PESO (Kg)	MATERIAL RETENIDO PORCIENTO EN PESO	PORCENTAJES ENTEROS	PORCENTAJES ACUMULATIVOS	OBSERVACIONES
NUM. 4	69.4				$W_m = 800 \text{ gr.}$ $W_2 = 1606 \text{ gr.}$ $W_1 = 1184.5 \text{ gr.}$ $D = \frac{800}{[1184.5 + 800] - 1606} = 2.43$ SUPERAFINADO = 12.62%
" 8	68.8	14.32	14	14	
" 16	91.4	20.48	20	34	
" 30	94.5	19.67	20	54	
" 50	95.9	19.96	20	74	
" 100	87.3	18.17	18	92	
" 200	23.2	4.83	5	97	
CHAROLA	12.3	2.54	3	100	
SUMAS	486.4	100	100		
MODULO DE FINURA: 2.66					

El cribado se realiza vertiendo la muestra dentro de las mallas colocadas en el orden decreciente de abertura tal y como se indicó en la parte superior, una vez colocada la muestra en la malla superior y colocando la tapa correspondiente; se procede a efectuar la agitación de las cribas manualmente o bien mediante algún dispositivo mecánico durante un lapso de tiempo suficiente; este proceso habrá quedado terminado cuando no más del 1% en peso del residuo en cualquier malla individual pase por ella durante 1 minuto de cribado continuo efectuado a mano, y como se indica a continuación.

Con una mano se sostiene en posición ligeramente inclinada el tamíz individual provisto de una tapa y un fondo metálico, ajustado en la parte inferior, mediante un movimiento hacia arriba se golpea con fuerza el costado de la malla contra la palma de la mano a razón de 150 veces por minuto aproximadamente. A continuación se gira la malla un sexto de vuelta cada 25 golpes más o menos; posteriormente se procede a pesar el retenido parcial en cada una de las cribas tomando en cuenta también el material que haya quedado atrapado entre los hilos que forman la cuadrícula de la malla, para lograr esto se utiliza un brochuelo para cepillar la malla y obtener dicho material.

Finalmente se procede a calcular los porcentajes del material retenido en cada criba con respecto al peso total de -

la muestra, incluyendo el material más fino que la malla No. 200, es decir; el porcentaje de material que queda en la charola.

La granulometría de la grava también se determina separando la muestra en fracciones, usando para ello un juego de mallas estándar cuyas aberturas según la U.S. BUREAU OF RECLAMATION, comprenden las siguientes mallas: No. 4, 3/8", 3/4", - 1 1/2", 3" y 6". Sobre el uso de dichas cribas no existe en nuestro país un criterio tan unificado como en el caso de las arenas, esto se debe a que la utilización de estas mallas queda condicionada al tamaño máximo del agregado grueso que se utilice para el proporcionamiento de mezclas de concreto.

En algunas premezcladoras los requerimientos comerciales de sus clientes obligan a utilizar tamaños máximos de agregado hasta de 4", la práctica establecida por la empresa BAL, S.A., hace emplear gravas hasta de 3".

El procedimiento para realizar el cribado del agregado grueso es idéntico al del fino, el acoplamiento de los tamices se hace en orden decreciente del tamaño de abertura, para ello hay que considerar el tamaño máximo del agregado para seleccionar la malla superior; por otra parte el peso mínimo de la muestra de agregado grueso para realizar su análisis granulométrico quedará como se indica a continuación.

TAMAÑO MAXIMO DE LA PARTICULA (mm)	PESO MINIMO DE LA MUESTRA (Kg)
9.51	2
12.7	4
19.1	8
25.4	12
38.1	16
50.8	20
64.0	25
76.1	45
90.5	70

De los resultados que arrojan los análisis granulométricos del agregado fino y grueso, se obtienen los datos que en seguida se mencionan y que suelen ser considerados de suma importancia.

Arenas:

a).- Módulo de finura, el cual es el dato que se obtiene de sumar los porcentajes acumulados en cada una de las cinco mallas (de la No. 8 a la No. 100) y dividir entre cien.

b).- Supratamaño; representa el porcentaje de contaminación de agregado grueso contenido en la muestra de arena, es decir; es el resultado de dividir el retenido en la malla No. 4 entre el peso de la muestra.

Gravas:

a).- Módulo de finura, el cual resulta también de sumar los porcentajes acumulados en cada una de las mallas según la U.S. BUREAU, desde la malla de 6" hasta la NO. 100. No obstante el módulo de finura en la práctica es poco utilizada en la grava.

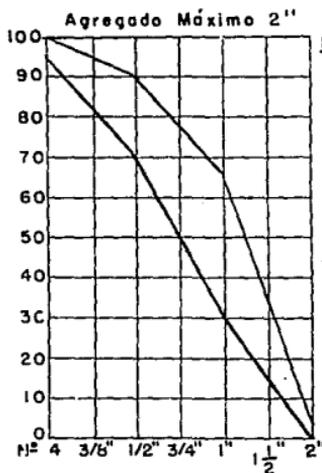
b).- Infratamaño, este dato representa el grado de contaminación de agregado fino contenido en la muestra de grava.

c).- Tamaño máximo de agregado; el cual se obtiene observando entre qué mallas de la serie empleada resultaron comprendidas las partículas más grandes, considerando como tamaño máximo de agregado el que corresponde a la abertura de la malla superior donde pasaron todas las partículas.

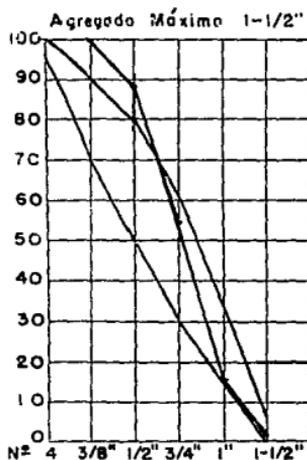
Conviene tener presente que de acuerdo con su módulo de finura, las arenas se clasifican de la siguiente manera:

MODULO DE FINURA	CALIFICACION
< - 2.0	MUY FINA
2.0 - 2.3	FINA
2.3 - 2.6	MEDIA FINA
2.6 - 2.9	MEDIA
2.9 - 3.2	MEDIA GRUESA
3.2 - 3.5	GRUESA
> - 3.5	MUY GRUESA

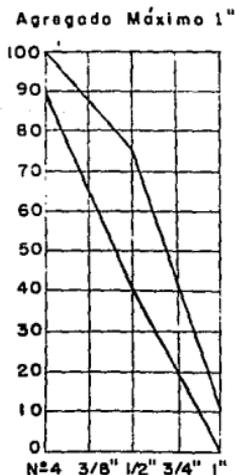
CURVAS GRANULOMETRICAS DE GRAVA



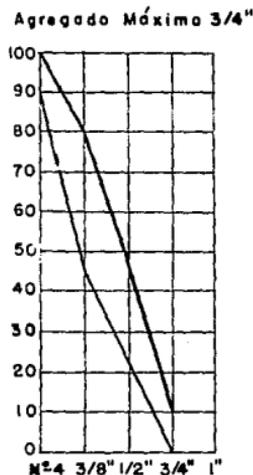
Para 2"		
Malla	% Agreg. Máx.	Ref. Mín.
2" 1/2	0	0
2"	5	0
1" 1/2	—	—
3/4"	65	30
1/2"	50	70
3/8"	—	—
N# 4	100	95



Para 1-1/2"		
Malla	% Agreg. Máx.	Ref. Mín.
2" 1/2	—	—
2"	—	0
1" 1/2	5	0
3/4"	65	30
1/2"	—	—
3/8"	90	70
N# 4	100	95



Para 1"		
Malla	% Agreg. Máx.	Ref. Mín.
2" 1/2	—	—
2"	—	—
1" 1/2	—	0
1"	10	0
3/4"	—	—
1/2"	75	40
3/8"	—	—
N# 4	100	90



Para 3/4"		
Malla	% Agreg. Máx.	Ref. Mín.
2" 1/2	—	—
2"	—	—
1" 1/2	—	—
1"	—	0
3/4"	10	0
1/2"	—	—
3/8"	80	45
N# 4	100	90

Las arenas que deben considerarse apropiadas para la elaboración de concreto son las que presentan un módulo de finura entre 2.3 y 3.2, el uso de las arenas finas y gruesas por lo regular es muy escaso y de hacerse debe ser mediante ensayos previos. Por último las muy finas o muy gruesas siempre resultan objetables para esta aplicación.

Las figuras 2.2.1 y 2.2.2 muestran a continuación la forma usual de representar gráficamente la composición granulométrica de la arena y grava, así como los límites recomendables que establece para cada fracción la especificación A.S.T.M.C.33.

DENSIDAD DE LA ARENA

La densidad de un material o masa específica aparente saturada y superficialmente seca, se define como la relación de masa a volumen, considerando la masa de las partículas saturadas de agua, superficialmente secas y el volumen sólido de las partículas que incluye los volúmenes de los poros que se encuentran dentro de las mismas.

Para la ejecución de esta prueba en el agregado fino, se obtiene una muestra aproximada de 800 a 1000 gramos; debido a que en la mayoría de las plantas premezcladoras el material se encuentra humedecido, al realizar esta prueba en el laboratorio se omite el secar el material y saturarlo por espacio -

de 24 horas tal y como se indica en la NOM-C-165.

La muestra se extiende en una superficie lisa no absorbente y se expone a una corriente de aire caliente que no arrastre los finos de la muestra, se remueve con frecuencia el material para asegurar una evaporación uniforme de la humedad superficial; esta operación se repite hasta que se acerque a la condición de saturado y superficialmente seco que se detecta por el flujo libre del agregado. Para conocer si se ha llegado a dicho estado, se llena con una porción de la muestra un molde troncocónico de 40 mm de diámetro superior, 90 mm de diámetro inferior y 75 mm de altura; el material se enrasa y compacta con la masa propia de un pisón colocándolo suavemente 25 veces sin altura de caída sobre la superficie enrasada de la muestra, volviendo a enrasar cada vez que se requiera. A continuación se levanta el molde verticalmente y si el material compactado baja ligeramente indicará que se ha alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco.

Inmediatamente después se introduce la masa de la muestra seleccionada en un picnómetro al cual previamente se le determina su masa lleno con agua hasta su nivel de aforo; al introducir la arena al picnómetro el volumen del agua debe ser entre uno y dos tercios del frasco, el picnómetro bien tapado se gira, se agita e invierte para eliminar todas las burbujas de aire; después se llena con agua hasta el nivel de --

Fig. 2.2.1 Análisis granulométrico de la arena.

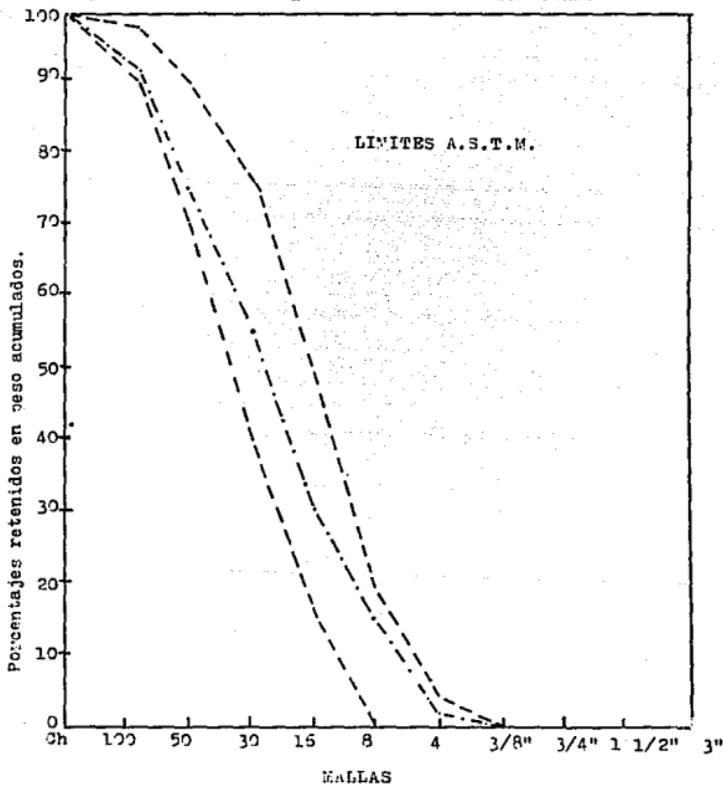
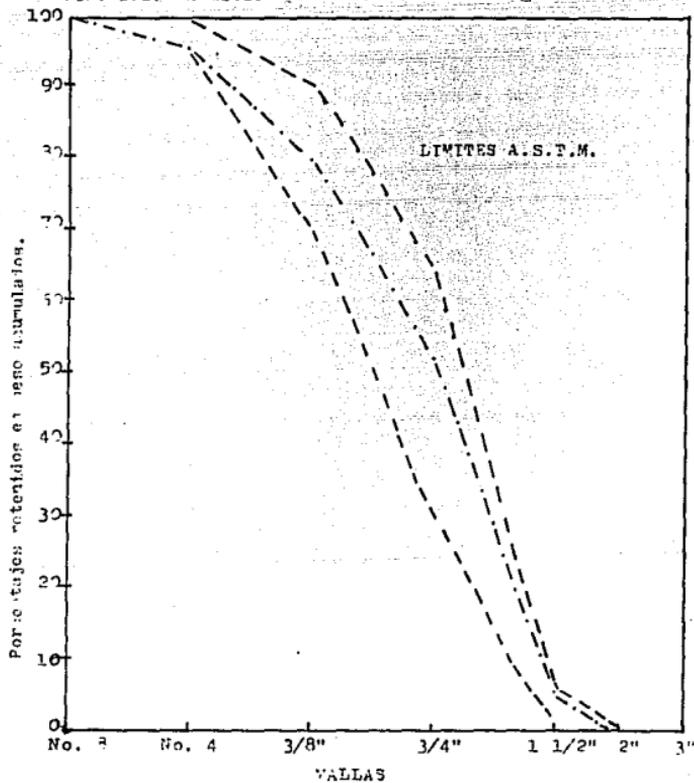


Fig. 2.2.2 Análisis granulométrico de la grava.



aforo, se seca superficialmente y se determina su masa con aproximación de 0.1% de la masa de la muestra empleada.

Finalmente se procede a calcular la densidad mediante la siguiente relación:

$$D = \frac{W_1}{(W_2 + W_3) - W_3}$$

donde:

W_1 = Masa de la muestra usada

W_2 = Masa del picnómetro lleno de agua

W_3 = Masa del picnómetro con la muestra y lleno de agua.

Como consecuencia de la determinación de la densidad del agregado fino, es muy común determinar la prueba de ABSORCIÓN.

Se suele llamar absorción al incremento en la masa de un agregado seco, cuando es sumergido en agua durante un tiempo determinado a temperatura ambiente, este aumento de masa es debido al agua que se introduce en los poros del material y no incluye el agua adherida de las partículas. Se expresa como % de la masa seca y es índice de la porosidad del material; su determinación se ejecuta de una manera muy sencilla.

Se obtiene una muestra con una masa no menor de 200 gramos en estado saturado y superficialmente seco, se determina su masa y se procede a secar hasta masa constante a una tempe

LABORATORIO



REGISTRO DE ENSAYE DE ARENA

MATERIAL ARENA DE RIO FECHA DE PRUEBA 30/11/88
 ENSAYE NUM. _____ FECHA DE REPORTE _____
 PROCEDENCIA PUEBLA ENSAYO Jorge Vega
 CANT. MAT. RECIBIDO _____ Kg. REVISO _____

PESOS VOLUMETRICOS

ABSORCION

P. (V-24 L.)	5650	Kg	P _h =		P _h =		P _h = 400	%	
P. V ₀	1379	Kg/m ³	P ₀ =		P ₀ =		P ₀ = 381.5	%	
P. (V-28 L.)	6.100	Kg	DIF =		DIF =		DIF = 19.5	%	
P V ₀	1534	Kg/m ³	% ABS =		% ABS =		% ABS = 4.8	%	
							% ABS. PROMEDIO =	4.8	

MAT. ORG. _____ MAT. ORG. LAVADA _____

ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO MUESTRA = 550 Kg. DIFERENCIA _____ Kg.
 PESO GRAVA = _____ Kg. GRAVA _____ Kg.

MALLA	PESO (Kg)	MATERIAL RETENIDO POR CIENTO EN PESO	PORCENTAJES ENTEROS	PORCENTAJES ACUMULATIVOS	OBSERVACIONES
NUM. 4	69.4				$U_m = 800 \text{ gr.}$ $W_2 = 1606 \text{ gr.}$ $W_1 = 1184.5 \text{ gr.}$ $D = \frac{800}{[1184.5 + 800] - 1606} = 2.43$ $\therefore \text{GRADUACION} = 12.63\%$
" 8	68.8	14.36	14	14	
" 16	99.4	20.48	20	34	
" 30	94.5	19.67	20	54	
" 50	95.9	19.46	20	74	
" 100	87.3	15.87	18	92	
" 200	23.2	4.85	5	97	
CHAROLA	12.3	2.56	3	100	
SUMAS	480.4	100	100		
MODULO DE FINURA: <u>2.68</u>					

ratura de (100 a 110°C), se deja enfriar y se obtiene su masa; finalmente se calcula con la siguiente expresión:

$$A = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

donde:

W_1 = Masa de la muestra saturada y superficialmente seca.

W_2 = Masa de la muestra seca.

DENSIDAD DE LA GRAVA

Para la obtención de la densidad del agregado grueso se obtiene una muestra de aproximadamente 5 kilogramos en estado saturado y superficialmente seco, para lograr esta condición se sumerge en agua la muestra a una temperatura ambiente por un período de 24 horas; se sacan del agua las porciones del agregado y se secan con una franela absorbente hasta que las superficies pierdan el brillo acuoso, lo cual indicará que el material queda en estado saturado y superficialmente seco.

Se utiliza un picnómetro de sifón el cual se llena con agua y se deja que sifonee hasta que ya no salga agua; a continuación se tapa la salida del sifón y se va introduciendo la muestra evitando que arrastre burbujas de aire, cuando la superficie libre del agua quede tranquila se destapa el sifón y se recibe el agua en una probeta graduada; este volumen -- (Va) se mide en la probeta para que finalmente se calcule la

densidad de la manera siguiente:

$$D = \frac{W_1}{V_a}$$

donde:

W_1 = Masa de la muestra en Kg. Saturada superficialmente seca.

V_a = Volumen de la muestra en dm^3 , o la masa del agua -- desalojada que corresponde al volumen a razón de dm^3 por kilogramo.

ABSORCION DE GRAVA

Su determinación se hace tomando el total de la muestra utilizada para la obtención de la densidad, y se seca a masa constante a una temperatura de $110^\circ C \pm 5^\circ C$. Posteriormente se deja enfriar a temperatura ambiente y se calcula su masa seca; finalmente se obtiene su valor con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{W_1 - W_2}{W_2}$$

donde:

W_1 = Masa saturada y superficialmente seca que se obtuvo al determinar la densidad.

W_2 = Masa seca de la muestra.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

El contenido total de humedad es la cantidad de agua que

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES Y LABORATORIOS

concretos



Material GRAVA PENA BLANCA Fecha de prueba 25/OCT/1988
 Ensaye N° _____ Fecha de terminación _____
 Procedencia PLANTA 18 Ensayo Longe Vega
 Cont. Mat. recibido _____ kgs. Revisó _____

<u>Pesos Volumétricos</u>		<u>% Arena =</u>	<u>Densidad</u>	
P (V- Lts.)	kgs.	P. muestra =	$P_s =$	$P_s = 700$
<u>P. V_s</u>	<u>kgs/m.³</u>	P. arena =	V. =	V. = 298
<u>P (V- Lts.)</u>	<u>kgs.</u>	% absorción = 3.40	$D_1 =$	$D_2 =$
<u>P. V_c</u>	<u>kgs/m.³</u>	$P_h = 400$ grs.	$D = 2.35$	
		$P_s = 386.9$ grs.		
		Dif. = 13,		

Análisis Granulométricos

Peso muestra 8.90 kgs. Diferencia _____ kgs.

Malla	Peso. (kgs.)	Porcientos	% Enteros	% Acum.	Observaciones
3"					DIFERENCIA 5.61%
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"	1.300	5.47	15	15	
1/2"	2.700	32.14	32	47	
3/8"	1.750	20.83	21	68	
N° 4	2.650	31.54	32	100.	
Charola.	.500	10.00	100		
Sumas:	8.400				
Módulo de finura:	6.83				

contiene la muestra del agregado al momento de efectuar la de terminación de su masa, para la dosificación de una revoltura; puede estar constituida por la suma de la humedad superficial y la absorbida.

El procedimiento para su determinación consiste en obtener una muestra de 0.5 Kg para la arena y de 1.5 Kg mínimo para la grava, ya que la selección de la muestra para esta última está en función del tamaño máximo del agregado. Para ambos casos, se determina la masa de la muestra con una aproximación de uno al millar evitando pérdida de humedad hasta donde sea posible, se seca la muestra en un recipiente por medio de una fuente de calor que puede ser una parrilla de placa, eléctrica o de gas, se debe tener la precaución de evitar pérdidas de partículas en el secado.

Se considerará que la muestra está totalmente seca cuando un calentamiento adicional origine una pérdida de masa menor de uno al millar, se deja enfriar la muestra hasta temperatura ambiente y se determina su masa con la misma aproximación.

La humedad total se calculará con la fórmula siguiente:

$$H = \frac{M_h - M_s}{M_s} \times 100$$

donde:

M_h = Masa de la muestra representativa en gramos.

M_s = Masa de la muestra seca en gramos.

DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS EN LA ARENA.

Se obtiene una muestra representativa de aproximadamente 200 gramos y se introduce seca en una botella de vidrio o - - plástico graduada cada 10 cm^3 (ml), con capacidad de 220 ml, - provista de tapón de hule logrando un cierre hermético; la - muestra deberá cubrir hasta la marca de 130 cm^3 . Se agrega - la solución al 3% de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado y la solución se aproxime a 200 cm^3 , después de agitarse vigorosamente se completan los 200 ml; se tapa la botella y se deja reposar 24 horas y después de este tiempo de reposo, se determina el color de la solución que queda sobre el agregado de la manera siguiente.

A) El color del líquido que queda sobre el agregado debe compararse con la solución normalizada de coloración No. 3 - que se tiene en un frasco lacrado, anotando si es más clara, - igual o más oscura que la solución patrón. La comparación - del color puede hacerse colocando juntas las dos botellas y - viendo a través de las mismas.

B) Para definir con mayor aproximación la coloración del líquido de la muestra de prueba al final del tiempo de repo-

so, se compara con una tabla de colores patrón o un juego de vidrios en coloraciones patrón; señalando entre cuáles de ellas se encuentra o con cuál coincide.

Finalmente si el color del líquido que está sobre el -- agregado es más oscuro que el color normalizado No. 3, puede considerarse que el agregado bajo prueba contiene compuestos orgánicos en cantidades perjudiciales para los morteros y concretos (superiores a 500 p.p.m. de ácido tánico), y para su - aprobación o rechazo debe realizarse la prueba determinada en la NOM-C-76 para la verificación de resistencia.

DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS

Para la obtención de este dato se requiere de la utiliza ción de un recipiente de forma cilíndrica con asas para reali zar las mediciones, el volumen mínimo del recipiente utiliza do dependerá del tamaño máximo nominal del agregado que se va a probar; la capacidad de dichos recipientes varía desde 3,10, 15 y 30 litros.

Antes de efectuar la prueba, el recipiente se tara y ca libra, para ello se llena con agua limpia a la temperatura am biente del laboratorio y se cubre con una placa de vidrio; de modo que no haya burbujas ni exceso de agua.

El peso neto del agua contenida en el recipiente se determina con una exactitud de $\pm 0.1\%$, se mide la temperatura del agua y se determina su peso volumétrico; se calcula un factor del recipiente dividiendo el peso volumétrico del agua entre el peso necesario para llenar el recipiente.

Realizado lo anterior se procede a llenar el recipiente hasta la tercera parte de su volumen con la muestra del agregado, la cual debe estar seca; a continuación se compacta la capa del agregado dando 25 golpes distribuidos uniformemente, el recipiente se llena hasta las dos terceras partes y nuevamente se compacta; después se llena totalmente hasta que el material sobrepase el borde superior compactándolo de la misma forma, la superficie del agregado se nivela a mano mediante un rasero de modo que las porciones de las partículas mayores de agregado grueso que sobresalgan, compensen aproximadamente a los vacíos más grandes que queden en la superficie del agregado debajo del borde superior del recipiente.

Finalmente se pesa el recipiente y su contenido, y se registra el peso neto del agregado redondeado al más próximo 0.1% , dicho peso se multiplica por el factor calculado para el recipiente y el producto determinará el peso volumétrico.

Para la obtención del peso volumétrico suelto, el material se vierte al recipiente por medio de un cucharón desde -

una altura de caída no mayor de 5 cm arriba de la parte superior del recipiente y se llena, se pesa su contenido y después de registrar su peso neto se multiplica por el factor del recipiente dando así el peso volumétrico suelto.

Estas son en resumen las principales pruebas que se hacen a los agregados que cumplen con los requisitos especificados por la Dirección General de Normas en la NOM-C-111, la cual se trata en el siguiente punto de este capítulo.

2.3 Norma Oficial Mexicana C-111-192. Agregados para Concreto.

El objetivo de transcribir parte de esta norma es con el fin de establecer las especificaciones que deben cumplir los agregados naturales finos y gruesos para usarse en la fabricación del concreto hidráulico, exceptuando los agregados ligeros.

La D.G.N., hace las siguientes definiciones:

Agregado, es el material natural, natural procesado y artificial que se mezcla con un cementante hidráulico para hacer morteros o concretos.

Agregado fino: material comunmente conocido como arena y que pasa por la malla No. 4, y cuya composición granulométrica varía dentro de los límites especificados en esta norma.

Agregado grueso: es el material comunmente conocido como grava y que es retenido por la malla No. 4, cuya composición granulométrica varía dentro de los límites especificados en esta norma.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

- a) El retenido parcial en cualquier criba no debe ser mayor de 45 por ciento.

- b) Su módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.
- c) El material retenido debe quedar dentro de los límites que se indican a continuación.

MALLA No.	RETENIDO ACUMULADO %
3/8"	0
4	0 a 5
8	0 a 20
16	15 a 50
30	40 a 75
50	70 a 90
100	90 a 98
Charola	100

Se pueden aumentar los porcentajes del retenido acumulado en las mallas No. 50 y No. 100 a noventa y cinco y cien por ciento respectivamente, siempre que el contenido de cemento sea mayor de 250 Kg/m^3 para concreto con aire incluido o bien supliendo la deficiencia del material que pasa por estas mallas, mediante la adición de un material mineral finamente molido y aprobado.

La tolerancia máxima de variación de los valores del módulo de finura para la aceptación del agregado fino es de ± 0.20 con respecto al valor del módulo de finura empleado en el diseño del proporcionamiento del concreto. Si se excede -

de la tolerancia indicada, en caso de ser aceptado se puede utilizar dicho agregado siempre que se haga un ajuste apropiado en el proporcionamiento del concreto, para compensar dichas deficiencias en la granulometría.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

El material retenido debe quedar dentro de los límites - indicados en la tabla 2.3.1.

Cuando se tenga un agregado grueso fuera de los límites indicados debe procesarse para que satisfaga dichos límites; - en caso de aceptarse que no cumpla dichos límites, debe ajustarse el proporcionamiento del concreto para compensar las de deficiencias en la granulometría.

SUSTANCIAS NOCIVAS

La cantidad de sustancias nocivas en el agregado fino no deben exceder los límites establecidos a continuación.

TABLA 2.3.1.- LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO.

TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO (mm)	MALLA NO.												
	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	16
90 - 40	0	0-10.	-	75 - 40	-	85 - 100	-	95 - 100	-	-	-	-	-
64 - 40	-	-	-	0 - 10	30 - 65	85 - 100	-	95 - 100	-	-	-	-	-
50 - 5	-	-	-	-	0 - 5	-	30 - 65	-	70 - 90	-	95 - 100	-	-
40 - 5	-	-	-	-	-	0 - 5	-	30 - 65	-	70 - 90	95 - 100	-	-
25 - 5	-	-	-	-	-	-	0 - 5	-	40 - 75	-	90 - 100	95 - 100	-
20 - 5	-	-	-	-	-	-	0	0 - 10	-	45 - 80	90 - 100	95 - 100	-
13 - 5	-	-	-	-	-	-	-	0	0 - 10	30 - 60	85 - 100	95 - 100	-
10 - 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 15	70 - 90	90 - 100	95 - 100
50 - 25	-	-	-	0	0 - 10	30 - 65	85 - 100	-	95 - 100	-	-	-	-
40 - 20	-	-	-	-	0	0 - 10	45 - 80	85 - 100	-	95 - 100	-	-	-

CONCEPTOS	MAX. % EN MASA DE LA MUESTRA TOTAL
GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES.	3.0
MATERIALES FINOS QUE PASAN LA MALLA No. 200 EN Concreto sujeto a la abrasión.	3.0
Otros concretos.	5.0
CARBON Y LIGNITO	
En concreto aparente.	0.5
En otros concretos.	1.0

En el caso de material que pasa la malla No. 200, si este es producto de la desintegración de rocas, los porcentajes límites se incrementan a 5 y 10 respectivamente; los porcentajes que rebasen estos límites en los materiales, deben estar sujetos a la aprobación del usuario.

Para el caso especial de gravas que contengan predominantemente sílice alterado, tal como calcedonia, pedernal, reolita, cristobalita, ópalo, agata, etc.; los límites que a continuación se indican en la tabla 2.3.2 son aplicables a todos los agregados gruesos de las zonas en la República Mexicana, donde se aprecie una probable severidad de intemperismo.

LIMITES MAXIMOS DE CONTAMINACION Y REQUISITOS DE CALIDAD FISICAS DEL AGREGADO EXPESADOS EN
POR CIENTO EN MASA

Tipo de Estructura	Total de terrones de arcilla y partículas deleznales.	a) Partículas de rocas de sílice alterada, con m.e. 2,4	Suma de los conceptos anteriores.	b) Material fino que pasa la criba FO.075	Carbón y lignito.	c) Pérdida por abrasión.	Pérdida en la prueba de santidad con sulfato de sodio.
		REGION	DE	INTEMPERISMO	MODERADO		
1 M No expuestas a intemperie. Zapatas, cimentaciones, vigas, columnas, pisos.	10.0				2.0	1.0	50.0
2 M Pisos interiores sin recubrimiento.	5.0				2.0	1.0	50.0
3 M Expuestas a la intemperie. Muros de retención, pilas, muebles y vigas.	5.0	6.0 (c)		8.0	2.0	0.5	50.0
4 M Sujetas a exposición, frecuente de humedad. Pavimentos, losas de puentes, patios, autopistas, andadores.	4.0	5.0		6.0	2.0	0.5	50.0
5 M							

LIMITES MAXIMOS DE CONTAMINACION Y REQUISITOS DE CALIDAD FISICAS DEL AGREGADO EXPRESADOS EN
POR CIENTO EN MASA

Tipo de Estructura.	Total de terrones de arcilla y partículas de lesnables.	a) Partículas de roca de silice alterada con m.e.2.4	Suma de los conceptos anteriores.	b) Material fino que pasa la criba F0.075	Carbón y lignito.	c) Pérdida por abrasión.	Pérdida en la prueba de sanidad con sulfato de sodio.
---------------------	---	---	-----------------------------------	--	-------------------	-----------------------------	---

REGION DE INTEMPERISMO MODERADO

5 M

Expuestos a intemperie. Concretos arquitectónicos.	2.0	3.0	4.0 (d)	2.0	0.5	50.0	12.0
--	-----	-----	---------	-----	-----	------	------

REGION DE INTEMPERISMO DESPRECIABLE

4 N

Losas sujetas a tráfico abrasivo. Losas de puentes, pisos, andenes, pavimentos.	4.0	-	-	2.0	0.5	50.0	-
---	-----	---	---	-----	-----	------	---

5 N

Otras clases de concreto.	8.0	-	-	2.0	1.0	50.0	-
---------------------------	-----	---	---	-----	-----	------	---

Para el agregado grueso cuyos resultados en las pruebas exceden los límites marcados en la tabla anterior, se acepta si se demuestra que en concretos de propiedades semejantes elaborados con el agregado del mismo banco; acusan un comportamiento satisfactorio en condiciones de intemperismo semejantes a las que se va a someter el nuevo concreto.

En ausencia de un historial de servicio, se acepta si se obtienen resultados satisfactorios en concreto que se sometan a pruebas de laboratorio apropiadas tales como sanidad, desgaste, congelación y deshielo.

Es de esperarse que los límites para el agregado grueso correspondientes a cada clase designada, son suficientes para asegurar un comportamiento satisfactorio del concreto para los diferentes tipos y partes de la obra. En muchas localidades se pueden conseguir agregados que superan las especificaciones de calidad aquí enlistadas; cuando no es el caso y se pueden conseguir agregados de calidad adecuada para satisfacer por lo menos algunos de los usos mencionados o pueden hacerlo al ser sometidos al tratamiento adecuado.

Algunas notas a la tabla anterior son las siguientes:

a) La limitación indicada con esta letra, se aplica a materiales donde la roca de sílice alterada se encuentra como impureza. No es aplicable al agregado grueso que es predomi-

nantemente de roca de sílice, la limitación de uso de tales agregados está basada en el antecedente de servicio en donde se emplean tales materiales.

b) En esta limitación para el caso de los agregados triturados, si el material que pasa por la malla No. 200 es el producto de pulverización de rocas exentas de arcilla y/o pizarras; este límite puede incrementarse a 3%.

c) Las escorias de alto horno enfriadas al aire trituradas quedan excluidas de los requisitos de abrasión. La masa volumétrica compacta de estos materiales debe ser mayor que 1120 Kg/m^3 , esta prueba debe determinarse con la granulometría que va a usarse en el concreto.

d) Para construcciones de concreto en regiones cuya altitud sea mayor de 3000 metros sobre el nivel del mar, estos requisitos deben reducirse en un 1%.

IMPUREZAS ORGANICAS (MATERIA ORGANICA)

El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, el agregado que al efectuar la prueba a que se refiere la NOM-C-88 da un color más oscuro que la coloración No. 3, debe rechazarse a excepción de que si el agregado fino que no pasa la prueba antes mencionada, -

demuestra que la coloración es debida a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas semejantes; ante lo cual puede ser usado. Puede también autorizarse su utilización si se demuestra que el efecto de las impurezas orgánicas en morteros probados a la edad de 7 días dan resistencias no menores del 95%.

PARTICULAS QUE REACCIONAN EN AMBIENTES HUMEDOS

Los agregados fino y grueso que se usen en concretos los cuales van a estar sujetos a humedecimiento, con exposiciones prolongadas a atmósferas húmedas o en contacto con suelos húmedos, no deben tener partículas en cantidad suficiente que produzcan una reacción nociva del cemento con los álcalis del mismo y provoque una expansión excesiva del mortero o concreto.

Si en el agregado fino o grueso tales partículas se encuentran en cantidades suficientes para causar una expansión excesiva, se deben usar con un cemento que contenga menos de 0.6% de álcalis totales, calculados como óxido de sodio o con la adición de un material que ha demostrado controlar la expansión debida a la reacción álcali-agregado.

SANIDAD

El agregado fino que se sujeta a cinco ciclos de prueba

de sanidad con sulfato de sodio de acuerdo a la NOM-C-75, debe tener una pérdida en masa no mayor de 10% determinada en base a su granulometría original. Si no se cumple con esta prueba, el agregado fino puede ser utilizado si existen antecedentes de su empleo en concretos de propiedades semejantes; elaborados con agregados del mismo banco que acusan un comportamiento satisfactorio en condiciones de intemperismo semejantes a las que se va a someter el nuevo concreto. Asimismo es también aceptado si se obtienen resultados satisfactorios en concretos que se someten a la prueba de congelación y deshielo según lo establecido en la norma NOM-C-205.

C A P I T U L O 3

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL CEMENTO

El cemento como uno de los principales componentes del concreto, quizá el principal; requiere para su aceptación y utilización el estudio correspondiente para determinar sus características y propiedades, estos estudios se basan en análisis químicos y ensayos físicos aunque generalmente en la práctica las empresas premezcladoras realizan una serie de mezclas de prueba en sus laboratorios para saber la calidad del cemento que el fabricante les está suministrando.

Es sabido que en el área metropolitana de la Ciudad de México, solo tres empresas dedicadas a la elaboración de concreto premezclado y que son (CARSA, PRECONCRETO Y APASCO) se hacen cargo de la calidad de sus cementos empleados, quedando todas las demás supeditadas al suministro del cemento de fábricas ajenas a la industria del concreto premezclado; es por ello que debido a la excesiva cantidad de cemento que demandan las concreteras, se realiza con determinada frecuencia el muestreo de cemento con el objeto de ejecutar las pruebas físicas y químicas para comprobar oportunamente la calidad de los cementos que se destinan a sus diversas plantas premezcladoras.

3.1 Tipos de cemento y principales pruebas físicas.

Entre los diversos materiales que se emplean con carácter de cementante se distinguen los siguientes:

Cales aéreas e hidráulicas, yesos, bitúmenes y cementos hidráulicos; de todos estos materiales en este trabajo solo interesa conocer el comportamiento de los cementos hidráulicos.

Es conveniente recordar en términos generales el proceso de producción del cemento Portland, se le define como el producto que resulta de la pulverización del clinker cuya constitución consta esencialmente de silicatos hidráulicos de calcio al cual se le adicionan después de la calcinación, agua y/o sulfato de calcio natural así como otros materiales no perjudiciales todos estos molidos.

El clinker es el material mineral sintético granular que resulta de la cocción a una temperatura de 1400°C, de materias primas de naturaleza calcárea y arcillo ferruginosa previamente trituradas, el clinker se compone básicamente por silicatos y aluminato de calcio.

El cemento Portland es obtenido como polvo de color gris generalmente cuyos fragmentos en su gran mayoría pasan la maza número 200 y cuyo peso volumétrico suele oscilar entre - -

1200 y 1700 kg/m³. Los principales elementos que proporcionan la materia prima son el Sílice, Calcio, Aluminio, Hierro y Oxígeno; los óxidos resultantes de la fusión en horno de la materia prima son el óxido de calcio, óxido de silicio, óxido de aluminio y óxido de hierro. Finalmente los principales compuestos potenciales que se originan durante la producción del clinker son las siguientes: Silicato dicálcico, silicato tricálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico.

Para dar una idea de los cementos usuales en México y dentro del mercado nacional, la fabricación de los cementos hidráulicos queda clasificada de la siguiente manera:

Cementos Portland simples (Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, y Tipo V).

Cementos Portland compuestos (de Escoria y Puzolánico).

Cementos Portland especiales (de Color).

El cemento Portland tipo I, llamado también Normal u ordinario es el que generalmente se usa en construcciones donde no se requiere un cemento con características especiales. Durante mucho tiempo fue el cemento más empleado, pero debido a las exigencias propias de las especificaciones del concreto para ciertas obras, cedió terreno en favor de otros tipos de cemento.

El cemento tipo II; es un cemento con características intermedias entre las del tipo I y las de los tipos IV y V, por lo que también se le llama modificado; se le considera adecuado cuando solo se exige que el calor de hidratación y la re-sistencia a los sulfatos sean moderados, la aplicación de este cemento en el mercado obedeció al deseo de disponer de un cemento menos general que el tipo I, pero sin llegar al alto grado de especialización de los tipos IV y V; buena parte de la popularidad cedida por el cemento ordinario ha sido en favor de este tipo de cemento.

Cemento Portland tipo III; también conocido como cemento de alta resistencia rápida por sus características particulares de producir mayores resistencias en las primeras edades.- Su composición es parecida a la del cemento ordinario, pero con la particularidad de tener una finura más elevada y un mayor contenido de silicato tricálcico; su tiempo de fraguado no es rápido y se halla dentro de los límites especificados para los otros tipos de cemento Portland.

Su empleo está indicado en obras donde se requiere obtener una pronta resistencia del concreto, motivado por la premura de retirar las cimbras empleadas en los procesos constructivos ganando con ello una mayor utilización y de mayor rapidez; también es aconsejable su empleo cuando se requiere proteger al concreto de las bajas temperaturas y otros facto-

factores climatológicos. Asimismo no es aconsejable su uso en obras como las de concreto en masa, donde una rápida generación de calor que sobreeleve la temperatura de la estructura es indeseable.

Cemento Portland tipo IV, es un cemento de fabricación especial cuya particularidad consiste en desarrollar muy bajo calor de hidratación, lo que generalmente se logra limitando sus contenidos de silicato tricálcico y aluminato tricálcico; de ahí que su resistencia también se desarrolle con lentitud. Su empleo se considera opuesto al tipo III, es decir; se recomienda principalmente para obras de concreto en masa donde conviene restringir la elevación de la temperatura y la adquisición lenta de la resistencia, no ofrece ningún inconveniente ya que generalmente estas obras se ponen en servicio a largo plazo.

Cemento Portland tipo V; es un cemento definido como resistente al ataque de sulfatos, lo cual se obtiene reduciendo y a veces suprimiendo el contenido de aluminato tricálcico, que es el componente capaz de reaccionar con sulfatos externos para formar sulfoaluminato. Esta formación va acompañada de un aumento de volumen que puede causar desintegración en el concreto.

Su uso está restringido para concretos que tengan contac

to con aguas o terrenos que contengan sales agresivas como en obras marinas, portuarias y conducción de aguas negras.

Cemento Portland de escoria, la fabricación de este cemento se hace mediante la molienda conjunta de clinker Portland y escoria de alto horno, esta última en proporción de 25 a 65 por ciento en peso del producto. La escoria granulada de alto horno es un subproducto en las plantas de fundición que benefician minerales de fierro.

Cuando es de buena calidad y se muele finamente, se tiene la propiedad de fraguar y adquirir resistencia al combinarse con cal y agua. Sin embargo, en su actividad con el cemento Portland, parece que la cal liberada durante la hidratación del cemento solo proporciona el punto de partida para la reacción de la escoria, la cual continua en forma independiente de su combinación con la cal.

Este comportamiento es el que distingue a la escoria de las puzolanas que requieren continuamente de cal para producir compuestos cementanos. El cemento Portland de escoria presenta moderado desarrollo de calor de hidratación y buena resistencia al ataque de sulfatos.

Cemento Portland puzolánico; este cemento resulta de la molienda simultánea de clinker Portland y un material puzolá-

nico, las puzolanas pueden ser naturales como algunas rocas y cenizas volcánicas, o artificiales como determinadas cenizas industriales; en ambos casos los materiales que las constituyen son los óxidos de silicio, o de silicio y aluminio que -- aún cuando no son cementantes por si mismos, cuando se hallan finamente divididos tienen la propiedad de reaccionar con la cal en presencia de humedad a temperaturas ordinarias para - formar compuestos que si son cementantes y de baja solubilidad.

Para calificar los materiales puzolánicos que deben intervenir en la fabricación de un cemento puzolánico, no es su ficiente el análisis químico; es indispensable comprobar su aptitud mediante ensayos físicos que determinen su comportamiento. Las principales ventajas que ofrecen estos cementos al igual que los de escoria, son su moderado calor de hidratación y su resistencia a los sulfatos.

Cementos Portland de color; catalogados dentro de los ce mentos especiales, el más usual es el cemento blanco, el cual es un cemento Portland ordinario con baja proporción de óxido de fierro.

Pueden obtenerse otras clases de colores en este tipo de cementos mediante la adición de pigmentos constituidos por óxidos metálicos.

En resumen los cementos descritos anteriormente son los más comercializados por la industria del cemento, aunque existen otros tipos de cemento que no se fabrican en México, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

(Expansivos, sin contracción, refractario, incluso de aire, repelente al agua, hidrófobo, antibacterial, magnesiano, etc.).

Para conocer las características y propiedades de un cemento así como para asegurar su comportamiento, se acostumbra determinar su composición química y someterlo a ensayos físicos cuyos resultados se complementan para el juicio de su calidad final.

Las principales pruebas físicas que se destinan a comprobar el comportamiento del cemento son: (Finura, sanidad, resistencia mecánica, fraguado falso, y tiempo de fraguado).

La información que se obtiene es muy útil para estimar la aplicabilidad del cemento y darle un adecuado empleo, es por ello que la gente encargada de supervisar el concreto premezclado debe conocer el significado de los resultados de los ensayos físicos de rutina.

En primer lugar la prueba de la finura del cemento es la que se describirá a continuación:

FINURA: Existen varios métodos para la determinación de la finura de los cementos hidráulicos, uno de los cuales es - en términos de la superficie específica expresada en centímetros cuadrados por gramo de cementante, por medio de la permeabilidad que presenta una muestra de cemento al paso del - aire.

Para su ejecución se requiere utilizar el aparato de - "BLAINE" el cual consta de una serie de dispositivos que tienen por finalidad hacer pasar una cantidad determinada de -- aire a través de una capa de cemento de porosidad conocida; - el número y tamaño de los poros está en función del tamaño de las partículas contenidas en la capa de cementantes y determina la velocidad del paso del aire a través de dicha capa. El procedimiento de esta prueba consiste en tomar una muestra - de cemento de 3 gramos aproximadamente a la temperatura am- - biente del laboratorio donde se realiza la prueba, la muestra se coloca en una celda de permeabilidad donde previamente se introduce un disco de metal inoxidable provisto de 30 a 40 - orificios de 1 mm de diámetro distribuidos en toda la superficie; la celda debe ajustar en su parte inferior herméticamente a la parte superior del manómetro del "BLAINE" el cual -- consta de un tubo de vidrio en forma de U, una de cuyas ramas tiene 4 marcas grabadas, contando además con un brazo lateral que sirve para succionar el aire de la rama del manómetro conectada a la celda de permeabilidad, el brazo está provisto -

de una llave de cierre hermético.

Colocada la muestra, se pone encima del cemento otro disco de papel filtro y se comprime el cemento con un émbolo de madera propio del aparato, hasta que un collarín de este - - asiente en la parte superior de la celda; a continuación el - aire contenido en la rama del manómetro donde está colocada - la celda, se elimina lentamente hasta que el líquido alcance la marca más alta; se cierra la llave y se pone en marcha un cronómetro en el momento en que el fondo del menisco del lí- quido del manómetro llegue a la segunda marca y el cronómetro se detiene en el momento en que el fondo del menisco llegue a la tercera marca; finalmente se anota el intervalo de tiempo medido y se registra en segundos.

La superficie específica se calcula con la constante y - fórmula siguiente: $S = K_1 \sqrt{T}$, donde K_1 es una constante del aparato que se calcula de la manera siguiente:

$$K_1 = \frac{S_p}{T_p}$$

donde:

S_p = Superficie específica de una muestra patrón.

T_p = Tiempo medido en cronómetro para la muestra patrón.

SANIDAD: Para la determinación de esta prueba se recurre al ensayo de expansión en autoclave de especímenes de pasta - de cemento (barras), las cuales después de ser moldeadas se -

dejan fraguar y endurecer 24 horas a temperatura normal 23°C; inmediatamente después se remueven los especímenes de la atmósfera húmeda y se miden sus longitudes para ser colocadas en la autoclave (que no es más que un recipiente con vapor a alta presión que contiene un termómetro y manómetro) a la temperatura del cuarto húmedo de curado, en una cremallera para que todos los lados de cada uno de los especímenes estén expuestos al vapor saturado.

Para permitir que el aire escape de la autoclave durante la parte inicial del período de calentamiento, debe dejarse abierta la válvula de desfogue hasta que el vapor empiece a escapar; entonces debe cerrarse la válvula y elevarse la temperatura de la autoclave a una velocidad tal que la presión manométrica del vapor se eleve a 20.7 kg/cm^2 (295 lb/pulg^2) en 45 a 75 minutos, desde el momento en que se inició el calor.

Esta presión se mantiene durante tres horas, al final de este período se cierra la fuente de calor y se enfría la autoclave a una velocidad tal que la presión sea menor de 0.7 kg/cm^2 al final de 1.5 horas, después de este tiempo se debe liberar lentamente cualquier presión que permanezca; abriendo parcialmente la válvula de desfogue hasta que se obtenga la presión-atmosférica. Se procede a abrir la autoclave y se colocan los especímenes de ensaye en agua cuya temperatura esta

rá arriba de 90°C, se enfriará el agua que rodea las barras a una velocidad uniforme añadiendo agua fría de tal manera -- que la temperatura del agua sea disminuida a 23°C en 15 minutos. Se mantendrá el agua que rodea los especímenes a 23°C - durante 15 minutos adicionales para proceder a secar la superficie de los especímenes y medir sus longitudes nuevamente.

Finalmente se calculará la diferencia en longitud de los especímenes antes y después del proceso en autoclave, esta diferencia será expresada como por ciento de la longitud efectiva de medición y será reportada con una aproximación de 0.01%. El porcentaje de incremento en longitud será reportado como - la expansión en autoclave; una disminución en la longitud será indicada con signo menos antepuesto al valor en por ciento.

RESISTENCIA MECANICA: el objeto de esta prueba es la de terminación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, usando para ello especímenes cúbicos de - 5 cm de lado y cuyo procedimiento consiste en mezclar 500 gra mos de cemento y 1375 gramos de arena graduada de OTAWA, cantidades necesarias para fabricar mortero para 6 especímenes; el agua debe ser la necesaria para producir una fluidez entre 100 y 115, el mezclado de dicho mortero será mecánico y cum- plir con la NOM-C-85.

El moldeado de los especímenes debe hacerse en un tiempo

no mayor de 2 minutos 15 segundos, después de completar el --
mezclado del mortero; se coloca una capa de mortero de aproxi-
madamente 2.5 cm de espesor en todos los compartimentos cúbi-
cos, y se apisona en cada compartimento 32 veces en cuatro pa-
sadas en 10 segundos; cada pasada consta de 8 golpes adyacen-
tes entre si sobre la superficie del espécimen y en cada una
el pisón debe girarse 90° con respecto a la anterior, los 32
golpes deben completarse en un cubo antes de pasar al siguien-
te. Cuando se haya concluido el apisonamiento de la primera
capa en todos los cubos, se llenarán con el resto del mortero
y se apisonan como se indicó en la primera capa, al terminar
el apisonamiento el mortero de la parte superior debe exten-
derse ligeramente sobre los bordes, con la llana se regresa a
los moldes el mortero que fue forzado hacia afuera sobre los
bordes superiores y se alisan los cubos pasando la llana una
vez a lo ancho del molde de tal forma de dejar una superficie
plana.

Inmediatamente después de terminar el moldeado, se colo-
can los especímenes en una cámara de curado los cuales se man-
tienen en los moldes durante 24 horas; transcurrido este tiem-
po se desmoldan y se sumergen en agua limpia a 23°C de tempe-
ratura hasta el momento del ensaye. Para la realización de -
su ensaye cada espécimen debe ser limpiado hasta que quede su-
perficialmente seco, retirándosele cualquier incrustación o -
grano de arena flojo de las caras que vayan a estar en contac

to con las placas de la máquina de prueba, la carga se aplica en las caras del espécimen que estuvieron en contacto con las superficies planas del molde; la velocidad de aplicación de la carga se ajusta de modo que el resto de la carga se aplica sin interrupción hasta la falla, alcanzando la carga máxima en un tiempo no menor de 20 ni mayor de 80 segundos.

Finalmente se calcula la resistencia en compresión en kg/cm^2 dividiendo la carga máxima obtenida entre el área de la sección transversal del espécimen.

TIEMPO DE FRAGUADO: Para la ejecución de esta prueba se utiliza el aparato de "VICAT", el cual consiste en un armazón metálico que lleva una barra móvil que pesa 300 gramos y uno de cuyos extremos tiene un diámetro de 10 mm en una longitud de 50 mm, el otro extremo lleva una aguja de penetración removible de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud.

La barra móvil es reversible y puede colocarse en cualquier posición por medio de un tornillo, tiene un indicador ajustable el cual se mueve a lo largo de una escala graduada en milímetros que va fijada sobre el armazón; está provisto de un anillo troncocónico rígido que descansa sobre una placa cuadrada lisa y no absorbente, de 10 cm por lado.

El desarrollo de la prueba requiere preparar una pasta -

de cemento con 500 gramos de cemento y con el agua de mezclado requerida según lo establecido en la NOM-C-57; el mezclado se efectúa como lo indica la NOM-C-85. Efectuada la pasta, - con las manos enguantadas se forma una pelota y se completa - la operacion lanzándola de una a otra mano 6 veces, manteniendo las manos separadas a una distancia de 15 cm; despues de - esto con la pelota en la palma de una mano y el anillo troncoo conico en la otra se introduce la pelota dentro del anillo - por la base mayor. comprimiendola hasta llenarlo por completo; el sobrante de la pasta sobre la base mayor se quita mediante un simple movimento de la palma, en seguida se coloca el anillo por su base mayor sobre la placa cuadrada y el sobrante - de pasta se quita de la base menor mediante un corte oblicuo con el filo de la cuchara.

Hecha la probeta se coloca inmediatamente en la comara - humeda a una temperatura de 23°C durante un perodo de 30 minutos, despues de transcurrido este tiempo se determina la - penetracion de la aguja de 1 mm y de ahi en adelante cada 15 minutos (10 minutos para cementos tipo III), hasta que se obtenga una penetracion de 25 mm o menos. Para determinar la - penetracion se baja la aguja hasta que quede en contacto con la superficie de la pasta, se fija el tornillo sujetador y se coloca el indicador en la parte superior de la escala o se toma una lectura inicial se afloja el tornillo con lo que la varrilla queda suelta; a los 30 segundos se hace la lectura para

determinar la penetración de la aguja. Si la pasta se encuentra muy plástica en las penetraciones iniciales, la caída de la barra debe retardarse para evitar que se pueda doblar la aguja, pero la barra debe soltarse mediante el tornillo cuando realmente se efectúen las determinaciones de el tiempo de fraguado.

Las penetraciones no deben efectuarse a una distancia menor de 6 mm una de otra y ninguna de ellas se hará a una distancia menor de 9 mm de la parte inferior del molde, se registrarán todas las lecturas de las penetraciones y por interpolación se determina el tiempo correspondiente a la penetración de 25 mm; este será el tiempo de fraguado inicial, el tiempo de fraguado final es aquel en el que la misma aguja no penetra visiblemente en la pasta.

3.2 Norma Oficial Mexicana C-1-1980. Cemento Portland.

El objetivo de esta norma es el establecer las especificaciones que deben cumplir los cementos Portland utilizados en la construcción.

La Dirección General de Normas define al cemento Portland como conglomerado hidráulico que resulta de la pulverización del clinker 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 NOM-C-133 en vigor.

El conglomerado hidráulico es el material finamente pulverizado que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava; asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar tanto en el aire como en el agua y formar una masa endurecida.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

El cemento a que se refiere esta norma debe satisfacer -

los requisitos químicos de acuerdo con su tipo, la tabla 3.2.1 indica estos requisitos para cada cemento.

TABLA 3.2.1.- ESPECIFICACIONES QUIMICAS DEL CEMENTO

COMPUESTOS Y CARACTERISTICAS	TIPO DE CEMENTO				
	I	II	III	IV	V
OXIDO DE SILICIO (SiO ₂) MIN. %		21.0			
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃) MAX. %		6.0			
OXIDO FERRICO (Fe ₂ O ₃) MAX.%		6.0		6.5	
OXIDO DE MAGNESIO (MgO) MAX. %	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ANHIDRO SULFURICO (SO ₃) MAX.%					
CUANDO (3CaO Al ₂ O ₃) ES 8 % O MENOR	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
CUANDO (3CaO Al ₂ O ₃) ES MAYOR DE 8 %	3.5		4.5		
PERDIDA POR CALCINACION.	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
RESIDUO INSOLUBLE. MAX.%	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
SILICATO TRICALCICO (3CaO SiO ₂) MAX %					35
SILICATO DICALCICO (2CaO SiO ₂) MIN %					40
ALUMINATO TRICALCICO (3CaO Al ₂ O ₃) MAX.%		8.5	15.0	7.0	5.0
ALUMINOFERRITO TETRACALCICO MAS DOS VECES EL ALUMINATO TRICALCICO (4CaO Al ₂ O ₃ FeO ₃) + 2(3CaO Al ₂ O ₃) O SOLUCION SOLIDA (4CaO Al ₂ O ₃ FeO ₃ + 2CaOFeO ₃) MAX.%					20

El hecho de limitar los valores químicos expresados como compuestos potenciales calculados, no necesariamente implica que los óxidos estén presentes efectiva o totalmente formando esos compuestos.

Para los cálculos de los compuestos el por ciento de CaO será el resultado de restar el por ciento de Oxido de Calcio libre al por ciento de Oxido de calcio total; y el por ciento de Oxido de Silicio será el resultado de restar al por ciento de Oxido de Silicio el por ciento de residuo insoluble.

Cuando la relación de los porcentajes de óxido de aluminio a óxido férrico es de 0.64 o mayor, los porcentajes de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrito tetracálcico deben calcularse en la manera siguiente:

$$\text{Silicato tricálcico (C}_3\text{S)} = (4.71 \times \% \text{ CaO}) - (7.60 \times \% \text{ SiO}_2) - (6.718 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_2) - (1.430 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{ SO}_3)$$

$$\text{Silicato dicálcico (C}_2\text{S)} = (2.867 \times \% \text{ SiO}_2) - (0.7544 \times \% \text{ C}_3\text{S}).$$

$$\text{Aluminato tricálcico (C}_3\text{A)} = (2.65 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1.692 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Aluminoferrito tetracálcico (C}_4\text{AF)} = (3.043 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3).$$

Cuando la relación de los porcentajes de óxido de alumi-

nio a óxido férrico es menor de 0.64, se forma una solución sólida de aluminoferrito cálcico, la cual se expresa de la manera siguiente:

$ss(C_4AF + C_2F)$. El porcentaje de esta solución sólida y el del silicato tricálcico deben calcularse de forma siguiente: $ss(C_4AF + C_2F) = (2.100 \times \% Al_2O_3) + (1.702 \times \% FeO_3)$

Silicato tricálcico (C_3S) = $(4.071 \times \% CaO) - (7.60 \times \% SiO_2) - (4.479 \times \% Al_2O_3) - (2.859 \times \% Fe_2O_3) - (2.852 \times \% SO_3)$.

En los cementos con esta composición no se encontrará presente el aluminato tricálcico, el silicato dicálcico se calcula en la forma indicada anteriormente.

En el cálculo del C_3A , los valores de Al_2O_3 y Fe_2O_3 deben expresarse con aproximación de 0.01%; en el cálculo de los otros compuestos, los óxidos determinados se expresarán con aproximación de 0.1%.

Los valores de C_3A y de la suma de $C_4AF + 2C_3A$ deben expresarse con aproximación de 0.1% y los valores de los otros compuestos deben expresarse con aproximación de 1%.

ESPECIFICACIONES QUIMICAS OPCIONALES

Los requisitos que se indican en la tabla 3.2.2 serán --

**TABLA 3.2.2.- ESPECIFICACIONES QUIMICAS DEL CEMENTO.
(OPCIONALES)**

CARACTERISTICAS	TIPO DE CEMENTO				
	I	II	III	IV	V
ALUMINATO TRICALCICO MAX. % (A)			8		
ALUMINATO TRICALCICO MAX. % (B)			5		
SUMA DE ALUMINATO TRICALCICO Y SILICATO TRICALCICO MAX. % (C)		58			
ALCALIS TOTALES					
($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$) MAX. % (D)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

(A) PARA RESISTENCIA MODERADA A LOS SULFATOS.

(B) PARA ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS.

(C) PARA CALOR DE HIDRATACION MODERADO.

(D) CEMENTO DE BAJO CONTENIDO DE ALCALIS.

aplicables en el caso de que el comprador así lo especifique, considerandose el cemento como especial.

ESPECIFICACIONES FISICAS Y FISICAS OPCIONALES

La tabla 3.2.3 muestra los principales requisitos físicos que deben cumplir los diferentes tipos de cemento Portland, así como algunas de las características opcionales.

Para finalizar, esta norma indica que para la determinación del fraguado falso, debe seguirse el método de la pasta de cemento. El cemento que no cumpla con todo lo especificado en esta norma puede ser rechazado, asimismo el cemento que no cumpla con la prueba de sanidad en autoclave; podrá ser aceptado si en una repetición con una nueva muestra efectuada dentro de los 28 días siguientes a la prueba inicial satisface dicho requisito.

TABLA 3.2.3.- ESPECIFICACIONES FISICAS Y OPCIONALES DEL CEMENTO.

CARACTERISTICAS	TIPO DE CEMENTO				
	I	II	III	IV	V
FINURA, SUPERFICIE ESPECIFICA cm ² /g. BLAINE MINIMO.	2,800	2,800	-	2,800	2,800
SANIDAD (PUEBA DE AUTOCLAVE) EXPANSION MAXIMA EN %.	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
TIEMPO DE FRAGUADO, METODO DE VICAT; FRAGUADO INICIAL EN MINUTOS NO MENOS DE:	45	45	45	45	45
FRAGUADO FINAL EN HORAS, NO MAS DE:	8	8	8	8	8
RESISTENCIA A LA COMPRESION, Kg/cm ² , RELACION AGUA/CEMENTO 0.485, MINIMO A:					
24 HORAS...	-	-	130	-	-
3 DIAS...	130	105	250	-	85
7 DIAS...	200	175	-	70	155
28 DIAS...	-	-	-	175	210
FRAGUADO FALSO. PENETRACION FINAL; MINIMO %.	50	50	50	50	50
CALOR DE HIDRATACION A LOS 7 DIAS, EN CAL/g. MAXIMO...		70		60	
A LOS 28 DIAS, EN CAL/g.		80		70	

3.3 Características de los cementos actuales.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis químicos hechos a diversas muestras de cemento, tomadas en varias plantas premezcladoras de la empresa BAL, S.A., se observa que en la mayoría de los casos el tipo de cemento predominante es el Portland Puzolana; no obstante que el productor - al hacer el suministro indique que su cemento es tipo I, hecho que el consumidor no lo sabe si no hasta el momento de efectuar el análisis correspondiente.

Como se puede apreciar en los diversos análisis químicos y ensayos físicos que se adjuntan en este punto, la finura del cemento que se reporta tiene un valor muy alto en comparación con el valor mínimo especificado en la NOM-C-1 y NOM-C-2 (2800 cm^2/gr para ambos casos), esto indica que durante la molienda se está obteniendo una finura mayor lo cual influye directamente en el comportamiento del concreto, tanto en su estado fresco como en el endurecido; ya que un aumento en la finura trae efectos indeseables como lo es el provocar mayores contracciones, desarrollo de calor más rápido y mayor facilidad para hidratarse cuando se almacena en un ambiente húmedo. Asimismo un aumento en la finura significa mayor número de partículas en peso determinado y por lo tanto, mayor superficie de cemento disponible para estar en contacto con el agua; consecuentemente una mayor finura representa más requerimiento de agua y mayor rapidez de hidratación.



BLVD. ADOLFO LOPEZ MATEOS NOM. 1135
COL. SAN PEDRO DE LOS PINOS
DELEG. ALVARO OBREGON CUIBQ
MEXICO, D. F. TELS. 516-67-22 Y 03

LABORATORIO DE CEMENTOS

ANALISIS QUIMICO

México, D.F., 29 de Noviembre de 1988.

EMPRESA : PRODUCTOS BAL, S.A. DE C.V.
MARCA : CEMENTOS ANAHUAC, S.A.
TIPO : CEMENTO PORTLAND PUZOLANA
ANALISIS : C - 34

R E S U L T A D O S

<u>COMPUESTOS</u>	<u>FORMULA</u>	<u>NOM-C-2-1986 ESPECIFICACIONES</u>	<u>RESULTADOS EN %</u>
SILICE	S_1O_2		17.1
ALUMINA	Al_2O_3		4.9
OXIDO FERRICO	Fe_2O_3		2.1
CAL COMBINADA	CaO_c		51.7
CAL LIBRE	CaO_L		1.6
MAGNESIA	MgO		1.2
ANHIDRIDO SULFURICO	SO_3		3.0
RESIDUO INSOLUBLE	R. Ins.		15.4
PERDIDA POR CALCINACION	P. Cal.		2.7
S U M A			99.7

Observaciones : Este Cemento cumple con la Norma Oficial Mexicana -
NOM-C-2-1986, para un cemento puzolánico.

A T E N T A M E N T E

ING. ALBERTO BARRIENTOS RIOS
Jefe de Laboratorio

Miembro de la American Society for Testing and
Materials, de American Concrete Institute, National
Ready Mixed Concrete Association y Federación
Iberoamericana del Hormigón Premezclado

asociación mexicana de la industria

del concreto premezclado, a. c.

C A P I T U L O 4

AGUA Y ADITIVOS

El agua ha sido y sigue siendo en nuestra actualidad una sustancia ampliamente utilizada por el hombre para fines industriales, prueba de ello es que se puede encontrar en la generación de la corriente eléctrica, en las torres de enfriamiento de las plantas termoeléctricas o para controlar la temperatura de los reactores químicos, condensadores, hornos; o bien en la industria papelera, del refresco y muchas otras -- más. Dentro de las industrias no mencionadas el agua es indispensable en el proceso de fabricación del concreto premezclado, su vigilancia debe ser realizada por parte del supervisor de concreto con suma importancia.

Se sabe que el agua químicamente pura es un líquido extremadamente escaso y difícil de obtener, debido a que es un solvente casi universal y en el prácticamente todas las sustancias son solubles en cierto grado; con esto se ve que el agua es contaminada con las sustancias con las cuales entra en contacto.

4.1 Muestreo del agua.

Dentro de las diferentes fuentes de suministro se les puede dividir en cuatro tipos:

- a) Agua de lluvia.
- b) Aguas superficiales.
- c) Aguas subterráneas.
- d) AGUAs de mar.

Agua de lluvia; proveniente de la precipitación pluvial, esta debería estar libre de contaminantes pero a medida que se aproxima a la superficie terrestre va contaminándose con gases atmosféricos (Oxígeno, Nitrógeno, monóxido y dióxido de Carbono, etc.) y humos en suspensión, así como microorganismos, polvo, etc.; los que se encuentran también en la atmósfera.

Cuando comienza el proceso de precolación a través de las capas superficiales, el agua absorbe más dióxido de Carbono formándose el hipotético Acido Carbónico (H_2CO_3), ocasionando un incremento en su potencia solvente y por lo tanto disolverá los compuestos orgánicos e inorgánicos constituyentes de las diversas capas por las cuales atravieza, que serán los que finalmente le confieren las características con las cuales se les encuentra.

Aguas superficiales; estas aguas están constituidas en su gran mayoría por aguas de lluvia, de ahí que los impurificantes sean los característicos de las diferentes zonas por las que atravieza. Las aguas de estanque y lago son susceptibles de purificarse a si mismas cambiando su calidad debido sobre todo al reposo parcial a que están sujetas.

Aguas subterráneas; provenientes de pozos poco profundos pueden ser duras o blandas dependiendo de la composición del área de terreno que les rodea. La filtración natural hace -- que estas estén relativamente libres de turbidez y de materia orgánica; este tipo de aguas generalmente es más blanda que el agua de pozo profundo; en general el agua de pozo es clara e incolora, no así el agua de manantiales que por lo regular es afectada por los contaminantes normales de la superficie.

Aguas de mar; estas aguas presentan las más altas concentraciones de sólidos y materia orgánica, de ahí que su uso es té limitado debido al alto costo del tratamiento que requieren; pues los métodos de evaporación instantánea requieren en la actualidad de enormes inversiones.

Un estudio y análisis detallado del agua permitirá conocer las impurezas que pueden estar presentes en una fuente de abastecimiento para la ubicación de una planta premezcladora, generalmente esto ocurre en las plantas que se tienen instala

das en la provincia donde la calidad del agua presenta aspectos dudosos para su utilización. El análisis efectuado a la muestra del agua permitirá conocer las impurezas que pueden estar presentes en una fuente de agua; estas pueden ser divididas en: Sustancias Minerales Disueltas, Gases Disueltos, -- Turbidez y Sedimentos; Color y Materia Orgánica, Sabores y -- Olores, así como también los microorganismos.

El agua que es utilizada por las concreteras en la ciudad de México generalmente no requiere de los análisis periódicos para la verificación de su calidad, ya que es difícil que cambie la calidad; normalmente las concreteras suelen utilizar aguas tratadas por el D.D.F., a través de las denominadas garzas y en muchos casos agua potable.

El muestreo del agua debe ser realizado bajo dos condiciones distintas, como agua de mezclado en el concreto fresco y como agua de contacto en el concreto endurecido es decir; -- como agua de curado o como la que forma parte del medio que rodea a un elemento de concreto.

Normalmente se considera que el agua que se aprueba para mezclar el concreto también es apropiada para el curado, las muestras que se obtengan para su estudio deben ser de la fuente de abastecimiento propuesto; envasándolas en recipientes opacos de vidrio o de plástico perfectamente limpios y provis

toss con tapón de vidrio o plástico; cierre hermético y de 4 lt, aproximadamente.

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

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

En el caso de estructuras o elementos de concreto cuyas condiciones de servicio implican contacto continuo o intermitente con aguas subterráneas o superficiales estancadas, es recomendable investigar si el agua contiene sustancias agresivas al concreto, ya que de ser así permitiría protegerlo mediante la elección adecuada de sus componentes. En particular conviene recelar de las características del agua superficial en zonas pantanosas y de la freática en terrenos salinos o en áreas inmediatas al mar, además por supuesto de - -

aguas marinas, negras, domésticas y residuos industriales.

El muestreo de agua superficial y de mar no debe diferir del que se aplica para fuentes de abastecimiento de agua de -mezclado. Para muestreo de aguas freáticas, por lo general -se requiere excavar pozos cuya profundidad suele variar entre medio metro y tres metros; para el muestreo de aguas de desechos domésticos o industriales como en un aspecto más delicado, requiere la intervención de personal experimentado en esta clase de trabajos.

Debe procurarse que las muestras de agua resulten lo más representativas posible del agua que vaya a quedar en contacto con el concreto; por eso es necesario en el caso de los pozos, que se excaven hasta una profundidad comparable a la de desplante de la estructura en proyecto.

Para el caso de aguas freáticas, por lo general es suficiente obtener una muestra de agua y otra de suelo en cada -pozo, las muestras de agua o de suelo deben colectarse en recipientes opacos de vidrio o de plástico con cierre hermético, de 1 lt, de capacidad anotando los datos de identificación correspondiente.

4.2 Norma Oficial Mexicana C-122-1982. Agua para Concreto.

La D.G.N., establece mediante esta norma los requisitos para las aguas naturales o contaminadas, diferentes de las potables que se pretenden emplear en la elaboración o curado del concreto hidráulico; también da a conocer la acción agresiva de los diferentes tipos de agua. Se hace una clasificación general de las diferentes aguas existentes en el medio ambiente, definiéndolas como a continuación se indica.

Aguas puras; 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 por lo general provienen de la lluvia, el deshielo de glaciares, nieve, granizo o de manantiales y pozos; de terrenos montañosos cuyas rocas son resistentes al poder disolvente del agua tales como las profiríticas, basálticas, graníticas, etc.

Aguas ácidas naturales; son aquellas que contienen una cantidad notable de gas carbónico libre, 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 que proviene de turberas o pantanos que por

descomposición de la materia vegetal son ricas en ácidos húmicos.

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.

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 porfiríticos 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.

Aguas sulfatadas; 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.

Aguas cloruradas; son las que contienen en mayor proporción cloruros de elementos alcalinos y alcalinotérreos, se originan por la acción disolvente de las aguas puras o las ácidas que atraviesan yacimientos de sal Gema o antiguos lechos marinos.

Aguas magnesianas; estas aguas contienen cantidades apreciables de sales solubles de magnesio, tales como cloruros, sulfatos y principalmente bicarbonatos. Proviene de terrenos dolomíticos que por su acción del gas carbónico disuelto en el agua los hacen solubles por la transformación de los carbonatos en bicarbonatos, estos últimos cuando reaccionan con el sulfato de calcio forman el sulfato de magnesio.

Aguas de mar; estas tienen una gran cantidad de sales disueltas (aproximadamente 3500 p.p.m.), en las cuales predomina el cloruro de sodio, el cloruro de magnesio y el sulfato de calcio.

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 de concreto hidráulico, por lo general tienen en suspensión alto porcentaje de finos del cemento y de los agregados, sales solubles de aditivos cuando se emplean éstos.

Aguas industriales; 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, sales amoniacas, sulfuros, azúcares, ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fluorhídrico, ácido láctico, acético, fórmico u otros ácidos orgánicos y álcalis cáusticos.

Aguas negras; provienen de los desagües de las poblaciones, su composición es muy compleja y varía en función de la distancia de su punto de origen.

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 o de la presencia de sustancias químicas perjudiciales disueltas o en suspensión en concentraciones que sobrepasan - determinados límites, a continuación se describe la forma en que actúan.

Aguas puras; son agresivas por su acción disolvente e hidrolizante sobre los compuestos cálcicos del concreto.

Aguas alcalinas; estas 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 y en lo general sobre los iones de Calcio.

Aguas sulfatadas, 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 o 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 Candlot, que solo es un sulfo aluminato tricálcico bajo una forma pulvurulenta y expansiva.

Aguas cloruradas; son 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.

Aguas magnesianas; contienen sulfato de magnesio y son de las más agresivas por la gran solubilidad de este y su ten

dencia a fijar la cal, formando hidróxido de magnesio y yeso insoluble.

Cuando se encuentra disuelto en 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 de alto contenido de aluminato tricálcico.

Aguas de mar; su acción se parece al de las aguas seleníticas naturales y aunque su contenido de sulfatos es superior al de estos últimos, su contenido provoca un ataque lento y menos agresivo debido a la acumulación superficial de calcita, formada por reacción de la cal del cemento con el bicarbonato de calcio que contiene el agua de mar. El empleo del agua de mar en los concretos simples produce eflorescencias en el concreto reforzado o presforzado, aumenta el peligro de la corrosión del acero por lo que no debe usarse para estos fines.

Aguas recicladas; estas aguas pueden ser agresivas si contienen sulfatos, cloruros y álcalis en concentraciones considerables; por otra parte si tienen gran cantidad de sólidos en suspensión y éstos no se toman en consideración, el concreto puede acusar los defectos propios del exceso de finos.

Aguas industriales; generalmente son perjudiciales para el concreto ya que contienen iones de sulfato (SO_4), ácidos -

orgánicos e inorgánicos que atacan a todos los tipos de cemento, de estos los más resistentes son los que prácticamente no contienen cal libre o no tienen posibilidad de liberarla; tales como los aluminosos, los puzolánicos y los de escoria de alto horno con bajo contenido de clinker.

Aguas negras; dada la complejidad de la composición de las aguas negras, no es recomendable 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 y que aparecen indicados en la tabla 4.1.

TABLA 4.1.- VALORES CARACTERISTICOS Y LIMITES TOLERABLES
DE SALES E IMPUREZAS

IMPUREZAS	LIMITES EN P.P.M.	
	CEMENTOS RICOS EN CALCIO	CEMENTOS SULFATO RESISTENTE
SOLIDOS EN SUSPENSION EN:		
AGUAS NATURALES (LIMOS Y ARCILLAS)	2.000	2.000
AGUAS RECICLADAS (FINOS DE CEMENTO Y AGREGADOS).	50.000	35.000
CLORUROS COMO CL. (A)		
PARA CONCRETO CON ACERO DE PREES-- FUERZO Y PIEZAS DE PUENTES.	400 (C)	600 (C)
PARA OTROS CONCRETOS REFORZADOS EN AMBIENTE HUMEDO O EN CONTACTO CON- METALES COMO ALUMINIO, FIERRO GALVA- NIZADO, ETC.	700 (C)	1.000 (C)
SULFATO COMO SO4 (A)	3.000	3.500
MAGNESIO COMO Mg++. (A)	100	150
CARBONATOS COMO CO3.	600	600
DIOXIDO DE CARBONO DISUELTO CO2	5	3
ALCALIS TOTALES COMO Na+	300	450
TOTAL DE IMPUREZAS EN SOLUCION.	3.500	4.000
MATERIA ORGANIZA.	150 (B)	150 (B)
GRASA O ACEITE	0	0
VALOR DEL PH.	MEJOR DE 6	MEJOR DE 6

Notas a la tabla 4.2.1

a) Las aguas que exceden 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 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 al método de la Norma Oficial Mexicana C-88.

c) Cuando se use cloruro de calcio como aditivo acelerante, la cantidad de este debe tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de esta tabla.

ESPECIFICACIONES

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 anterior, 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.

Finalmente se muestra a continuación la manera de reportar un análisis químico del agua, elaborado por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

ANÁLISIS

LABORATORIO DE CEMENTO
INFORME TÉCNICO: Q 081/86
ORDEN DE TRABAJO: 246
OCTUBRE 29, 1986

CLIENTE: PRODUCTOS BAL, S.A. DE C.V.

SOLICITUD: Q 081/86

MATERIAL: AGUA PARA CONCRETO

IDENTIFICACION: CLIENTE: S/N

IMCYC: Q 148

FECHA DE RECEPCION: 23/10/86

PRUEBAS SOLICITADAS: ANALISIS QUIMICO

REFERENCIAS: NOM C-122 EN VIGOR

RESULTADOS:

CARACTERISTICAS FISICAS:

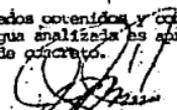
COLOR	incolora
OLOR	inodora
ASPECTO	diffusa
SEDIMENTO	nulo
p H	8.8

ANALISIS QUIMICO:

DETERMINACION	RESULTADOS EXPRESADOS EN MILIGRAMOS POR LITRO (ppm)
CLORUROS, Cl ¹⁻	92
SULFATOS, SO ₄ ²⁻	51
CALCIO, Ca ²⁺	76
MAGNESIO, Mg ²⁺	17
ALCALINIDAD, HCO ₃ ¹⁻	383
MATERIA ORGANICA *	17

*Oxígeno consumido en medio ácido

OBSERVACIONES: De acuerdo con los resultados obtenidos y con la NOM C-122 en vigor, la muestra de agua analizada es apropiada para su uso en la elaboración de concreto.

APROBO:  JULIÁN GARCÍA GUZMÁN.

4.3 Norma Oficial Mexicana C-255-1988 y C-200-1978

Aditivos para Concreto.

La palabra aditivo se define como aquél material distinto de el cemento, agua y agregados minerales que se adicionan intencionalmente a una mezcla de concreto, inmediatamente antes de la operación de mezclado o durante ella; la utilización de estos materiales se hace con el objeto de provocar un determinado comportamiento que se le requiere dar al concreto.

Existen en nuestro país un gran número de productores y productos recomendados como aditivos para concreto de los cuales los fabricantes normalmente describen los efectos que producen, pero sin explicar su modo de acción. Algunos aditivos producen efectos más o menos proporcionales a las cantidades que se emplean, pero otros no; además un aditivo puede manifestar efectos secundarios indeseables, de ahí que surge la inconveniencia de recomendar el ensaye de cualquier aditivo antes de su aplicación, en la práctica las empresas concreteras realizan varias mezclas de ensaye en sus laboratorios con el objeto de comprobar las dosificaciones que los fabricantes recomiendan a sus aditivos.

Generalmente dichas dosificaciones son modificadas por que no se obtienen los resultados esperados con las recomendaciones del fabricante.

Dentro de los aspectos más importantes que se deben de supervisar durante la aplicación de un aditivo, es la sobredosis del mismo ya que ello puede provocar desde un retraso considerable en el fraguado de la mezcla del concreto, hasta una baja en la resistencia de la misma.

Como se mencionó anteriormente existen una gran variedad de aditivos los cuales se pueden clasificar en la forma que a continuación se indica, aunque se estima que algunos de los tipos corresponden a productos cuyos efectos no se encuentran sancionados en especificaciones, ni existen métodos de prueba normalizados para comprobarlos.

Los siguientes tipos son los que se encuentran más comúnmente en el mercado nacional:

Dispersantes, densificantes, retardantes, acelerantes, fluidificantes, inclusores de aire, desinculsores de aire, generadores de resistencia, acelerantes de fraguado, acelerantes de concreto lanzado, impermeabilizantes, reductores de permeabilidad, reductores de porosidad, adhesivos de concreto nuevo a viejo, estabilizadores de volumen, expansores y dispersantes, espumantes, colorantes, auxiliares para bombeo, floculantes, inhibidores de la corrosión en el acero, generadores de resistencia a la tensión y retardantes de fraguado superficial.

En este punto se hablará sobre dos de las principales - normas oficiales que sancionan el comportamiento de los aditivos más usuales en la producción del concreto premezclado.

La primera de dichas normas es la NOM--C-255; esta norma trata de los aditivos reductores de agua y/o que modifican el tiempo de fraguado de una mezcla de concreto, haciendo para - ello las siguientes definiciones:

Concreto de referencia o concreto testigo, es aquel que se toma como punto de comparación y que no tiene el aditivo - bajo prueba.

Aditivos reductores de agua; son productos químicos que disminuyen la cantidad de agua de mezcla para concretos de - una consistencia dada.

Aditivos retardantes, son productos químicos que prolongan el tiempo de fraguado y el desarrollo de resistencia del concreto, sin modificar necesariamente el contenido de agua - de mezcla.

Aditivos acelerantes; son productos químicos que acortan el tiempo de fraguado y/o el desarrollo de la resistencia del concreto.

Aditivos retardantes y reductores de agua, son productos químicos que prolongan el tiempo de fraguado y reducen la cantidad de agua de mezcla requerida para producir concreto de -

una consistencia dada.

Aditivos acelerantes y reductores de agua; son productos químicos que pueden acortar el tiempo de fraguado y/o el desarrollo de resistencia del concreto, provocando en cualquiera de los casos la disminución en la cantidad de agua de mezcla requerida para producir concreto de una consistencia dada.

Aditivos super reductores de agua; son productos químicos que disminuyen la cantidad de agua de mezcla requerida para producir concreto de una consistencia dada, en una proporción mayor que los reductores normales.

Aditivos super reductores de agua y retardantes; son productos químicos que prolongan el tiempo de fraguado y reducen la cantidad de agua de mezcla requerida para producir concreto de una consistencia dada, en una magnitud considerablemente mayor que los retardantes y reductores de agua normales.

CLASIFICACION

Los aditivos quedan clasificados según esta norma en siete tipos y cuatro subtipos como a continuación se indica:

- TIPO I Reductores de agua.
- TIPO II Retardantes de fraguado,

- TIPO III Acelerantes
 - a) Acelerantes de fraguado
 - b) Acelerantes de resistencia
- TIPO IV Reductores de agua y retardantes
- TIPO V Reductores de agua y acelerantes
 - a) Acelerantes de fraguado
 - b) Acelerantes de resistencia
- TIPO VI Super reductores de agua
- TIPO VII Super reductores de agua y retardantes

ESPECIFICACIONES

Las especificaciones que deben cumplir los aditivos a que se refiere la NOM-C-255, deben entenderse con respecto al concreto de referencia e involucran variaciones normales con los resultados de la prueba; dentro de dichas especificaciones se indican las siguientes:

a) Contenido de agua, para los concretos con aditivos tipo I, IV y V, el contenido de agua máximo debe ser 95% y para los que contienen los tipos VI y VII, debe ser de 85%.

b) Tiempo de fraguado; el período en que puede presentarse el fraguado está referido al momento en el cual es alcanzado por el concreto de referencia. La tabla 4.3.1 muestra el intervalo de tiempos de fraguado.

c) La resistencia a la compresión y a la flexión del con

TABLA 4.3.1.- INTERVALOS DE TIEMPO DE FRAGUADO.

TIPO DE ADITIVO	FRAGUADO INICIAL PERIODO EN (HORAS)	FRAGUADO FINAL PERIODO EN (HORAS)
I	1 HORA ANTES Y 1.5 DESPUES	1 HORA ANTES Y 1.5 DESPUES
II	1 HORA ANTES Y 3.5 DESPUES	NO MAYOR DE 3.5 DESPUES
IIIa	1 Y 3.5 HORAS ANTES	NO MENOR DE 1 HORA ANTES
IIIb	1 HORA ANTES Y 3.5 DESPUES	NO RIGE
IV	1 Y 3.5 HORAS DESPUES	NO MAYOR DE 3.5 DESPUES
V a	1 Y 3.5 HORAS ANTES	NO MENOR DE 1 HORA ANTES
V b	1 HORA ANTES Y 3.5 DESPUES	NO RIGE
VI	1 HORA ANTES Y 1.5 DESPUES	1 HORA ANTES Y 1.5 DESPUES
VII	1 Y 3.5 HORAS DESPUES	NO MAYOR DE 3.5 DESPUES

creto que contiene el aditivo bajo prueba a cualquier edad, - debe ser mayor del 90% de la resistencia obtenida en otra -- prueba realizada a una edad anterior. El objeto de este lími te, es requerir que la resistencia a la compresión y a la -- flexión del concreto bajo prueba conteniendo el aditivo no -- disminuya con la edad. A continuación la tabla 4.3.2 indica las resistencias mínimas que deben ser cumplidas.

d) Adherencia con el acero de refuerzo, para todos los - tipos de aditivos a la edad de 28 días.

$$\mu = 100 \% \text{ mínimo}$$

e) Análisis infrarrojo; el espectro de absorción de to-- das las muestras debe ser semejante.

f) Residuo por secado, para los aditivos líquidos los re siduos no deben diferir entre sí en más de 5% y para los adi-- tivos no líquidos, los residuos de las muestras no deben dife-- rir entre sí en más de 4%.

g) Masa específica, los valores de las muestras para los aditivos líquidos, no deben diferir entre sí en más de 10%.

h) La diferencia de pH entre las muestras ya sea líquid-- das o sólidas no debe ser mayor de + 0.5.

Estas son en síntesis las especificaciones que deben cum-- plir los materiales propuestos para usarse como aditivos re--

creto que contiene el aditivo bajo prueba a cualquier edad, - debe ser mayor del 90% de la resistencia obtenida en otra -- prueba realizada a una edad anterior. El objeto de este lími te, es requerir que la resistencia a la compresión y a la -- flexión del concreto bajo prueba conteniendo el aditivo no -- disminuya con la edad. A continuación la tabla 4.3.2 indica las resistencias mínimas que deben ser cumplidas.

d) Adherencia con el acero de refuerzo, para todos los - tipos de aditivos a la edad de 28 días,

$$\mu = 100 \% \text{ mínimo}$$

e) Análisis infrarrojo; el espectro de absorción de to-- das las muestras debe ser semejante.

f) Residuo por secado, para los aditivos líquidos los re-- siduos no deben diferir entre sí en más de 5% y para los adi-- tivos no líquidos, los residuos de las muestras no deben dife-- rir entre sí en más de 4%.

g) Masa específica, los valores de las muestras para los aditivos líquidos, no deben diferir entre sí en más de 10%.

h) La diferencia de pH entre las muestras ya sea líqui-- das o sólidas no debe ser mayor de ± 0.5 .

Estas son en síntesis las especificaciones que deben cum-- plir los materiales propuestos para usarse como aditivos re--

TABLA 4.3.2.- RESISTENCIA MINIMA A COMPRESION EN %.

TIEMPO.	TIPO DE ADITIVO								
	I	II	III		IV	V		VI	VII
			a)	b)		a)	b)		
1 DIA	-	-	-	-	-	-	-	140	125
3 DIAS	110	90	125	125	110	125	125	125	125
7 DIAS	110	90	100	110	110	110	110	115	115
28 DIAS	110	90	100	110	110	110	110	110	110
6 MESES	100	90	90	95	100	100	100	100	100
1 AÑO	100	90	90	95	100	100	100	100	100

RESISTENCIA MINIMA A FLEXION EN %.

TIEMPO.	TIPO DE ADITIVO								
	I	II	III		IV	V		VI	VII
			a)	b)		a)	b)		
3 DIAS	100	90	110	110	110	110	110	110	110
7 DIAS	100	90	100	100	100	100	100	100	100
28 DIAS	110	90	90	90	100	100	100	100	100

ductores de agua y/o que modifican el tiempo de fraguado del concreto.

La otra norma a que se refiere este capítulo es la - - NOM-C-200, relativa a los aditivos inclusores de aire, los -- que frecuentemente suelen emplearse en la elaboración de mezclas de concreto. Estos productos pueden ser sintéticos o na turales que cuando se añaden al concreto, desarrollan dentro del mismo un sistema disperso de burbujas de aire de volumen especificado. A continuación se muestra las principales ca-- racterísticas que deben cumplir los aditivos inclusores de -- aire, según lo establecido por la Dirección General de Normas.

CLASIFICACION

Los aditivos a que se refiere esta norma se clasifican en un solo tipo y grado de calidad.

ESPECIFICACIONES

Los aditivos inclusores de aire deben cumplir con los siguientes requisitos:

a) Sangrado, el sangrado del concreto elaborado con el aditivo bajo prueba no debe exceder al del concreto producido con el aditivo de referencia en más de 2%.

El sangrado se calcula como un porcentaje del contenido de agua de mezclado en cada concreto; siendo este contenido el que se tiene sin considerar el agua absorbida por los agregados.

El aditivo de referencia que indica la NOM-C-200, el cual se usa en la mezcla de concreto testigo debe ser resina de Vinsol neutralizada.

b) Tiempo de fraguado; los tiempos de fraguado inicial y final del concreto que contiene el aditivo bajo prueba, no debe desviarse de los del concreto hecho con el aditivo de referencia en más de $\pm 1:15$ horas.

c) Resistencia a la compresión y/o a la flexión; a cualquier edad de prueba del concreto que contiene el aditivo bajo prueba, la resistencia a la compresión y/o flexión debe ser mayor del 90% de la resistencia obtenida a la misma edad, en los especímenes del concreto que contiene el aditivo de referencia.

d) Resistencia a la congelación y al deshielo, el factor de durabilidad relativa del concreto con el aditivo bajo prueba debe ser mayor que 80%; calculándose dicho factor de la manera siguiente:

$$FD = (FD_1) = PN/30$$

$$FDR = (FD/FD_1) \times 100$$

En donde:

FD = Factor de durabilidad del concreto que contiene el aditivo bajo prueba.

FD₁ = Factor de durabilidad del concreto que contiene el aditivo de referencia.

P = Módulo dinámico de elasticidad relativa como porcentaje del módulo dinámico de elasticidad a cero ciclos (los valores de P deben ser 60 ó más grandes).

N = Número de ciclos a los cuales P alcanza 60 por ciento, o 300 si P no alcanza 60 por ciento antes del final de la prueba. (300 ciclos).

FDR= Factor de durabilidad relativa.

e) El cambio de longitud debido al secado del concreto - que contiene el aditivo bajo prueba, no debe ser mayor que el 120% del cambio de longitud en el concreto que contiene el -- aditivo de referencia, cuando se comparen después de 14 días de secado. Si el cambio de longitud del concreto de referencia al final de los 14 días de secado es menor que 0.03%, el incremento en el cambio de longitud por secado del concreto - que contiene el aditivo bajo prueba debe ser menor que 0.006% respecto al del concreto de referencia.

Una recomendación adicional que se indica en dicha norma es que cuando se desee probar un aditivo inclusor de aire para usarse en un trabajo específico, el cemento y los agregados deben ser representativos de los productos para usarse -- en una obra específica y las mezclas de concreto deben diseñarse con el contenido de cemento especificado en la obra. - Si el tamaño máximo del agregado grueso es mayor de 25 mm, la mezcla de concreto debe cribarse sobre una malla de 25 mm antes de fabricarse los especímenes de prueba; el contenido de aire en el cálculo del proporcionamiento de las mezclas que - se destinen a trabajos específicos, debe ser el promedio del intervalo permitido en el trabajo.

Como comentario final sobre estos aditivos, es que el --

aire que se incluye intencionalmente en las mezclas de concreto fresco representa la mejor defensa del concreto endurecido contra los efectos de la congelación del agua que se encuentra en su interior, y contra los efectos secundarios de las sales descongelantes que se aplican en su superficie. Además, el aire incluido intencionalmente influye de manera favorable en algunas características y propiedades del concreto fresco, tales como su cohesión, plasticidad y manejabilidad; reduce su propensión a la segregación y limita la tendencia del agua de mezclado a fluir hacia la superficie del concreto (sangrado); como efecto secundario indeseable, reduce la resistencia mecánica del concreto a medida que aumenta su contenido.

Existen varias clases de sustancias que pueden incluir aire en el concreto y que se usan como aditivos para tal efecto; algunas de ellas son resinas de la madera, sales de lignina sulfonatada, sales de hidrocarburos del petróleo, sales de materias protéicas sales de ácidos grasos y resinosos y -- finalmente sales de hidrocarburos sulfonados.

CAPITULO 5

CONTROL DE CALIDAD

Antes de iniciar la exposición sobre los diversos controles que se llevan a cabo durante el proceso de producción del concreto premezclado, creo conveniente definir el concepto de calidad; la calidad no es otra cosa que la excelencia - así como la mejor manera de hacer algo, los expertos en este tema dicen que es más rápido hacer las cosas bien y a la primera, más fácil y más barato; cualquier cosa que se elabore en forma distinta implica un doble costo al requerir de correcciones así como otro costo al provocar un retraso a todo el proceso productivo.

El control de calidad por consiguiente se define como el conjunto de esfuerzos para la superación de la calidad de un producto, con el fin de hacer posibles fabricación y servicio a satisfacción completa del consumidor y a un nivel más económico.

El control de calidad no debe entenderse como lo mejor - en sentido absoluto, sino lo mejor para el consumidor dentro de ciertas condiciones, las cuales pueden ser:

Especificaciones que se fijen, el cumplimiento del material para con estas especificaciones y la tendencia para el mejoramiento de las mismas; el cumplimiento de las especificaciones depende de la mano de obra que se utilice para la fabricación del producto.

La fabricación del concreto puede ser en algunos casos - solo la parte correspondiente a la dosificación y mezclado de los ingredientes para la obtención de un concreto que utilice un constructor en sus obras, tal es el caso del concreto premezclado; sin embargo la preocupación de la fabricación deberá incluir tanto la dosificación y el mezclado como el transporte, colocación, vibrado, terminado, curado y protección; y en los casos de prefabricación también la transportación ya endurecido y su colocación en las obras.

Una de las principales labores que actualmente se realiza en las construcciones y compañías premezcladoras de concreto, es verificar la calidad del concreto que se utiliza y que se produce para saber si es de la resistencia deseada y así - tanto el contratista como el productor estén tranquilos de saber que no tendrán problemas posteriores.

Es muy importante saber distinguir entre control y verificación, el control compete al productor mientras que la verificación le corresponde al comprador; por lo que los planes

de muestreo e intensidad deben ser diferentes y por lo tanto también el costo será diferente. El costo del control de calidad normalmente no debe exceder del 1% del material que se trata de controlar.

El control de calidad dentro de la industria del concreto premezclado obliga a los productores el fijar un sistema tal que permita en una forma rápida pero segura, detectar los cambios que ocurren en los materiales constituyentes del concreto, tanto en sus características físicas como químicas y en su precio, así como los cambios que ocurren en la forma de actuar del personal encargado de las dosificaciones, transporte, etc; de manera que independientemente de esas variaciones el concreto que surta la planta sea uniforme no solo en su resistencia, sino también en sus demás propiedades tales como durabilidad, color, textura, etc; cuando ha endurecido; y trabajabilidad, temperatura, encogimiento, tiempo de fraguado, etc; cuando esta fresco.

La función principal del encargado del control de calidad en una planta productora de concreto es, dar las indicaciones para producir un concreto que cumpla con las especificaciones fijadas por el consumidor; así como las recomendaciones y correcciones en el sistema de fabricación del producto para lograr que sea uniforme y cumpla con las condiciones requeridas para evitar quejas en contra del producto, que a la

postre significarán pérdidas para la compañía. Asimismo será el encargado de exigir el mantenimiento y la calibración de los elementos del equipo, como también de asegurarse que el nivel de calidad tanto en los materiales como en el producto terminado, cumplan con especificaciones de calidad contenidas en el plan de control.

5.1 Control del almacenamiento de materiales.

El proceso de control en el almacenamiento de materiales, requiere desde su inicio la ejecución de ciertas actividades previamente detectadas por parte del jefe encargado de una planta premezcladora; estas consisten en realizar la inspección ocular de los materiales para su aceptación y descarga en las plantas, o bien el rechazo de los mismos en caso de presentar alguna irregularidad; dentro de las más comunes se pueden presentar las que se indican a continuación:

Para el caso de la grava y arena, revisar que los camiones suministren el volumen especificado en sus notas de remisión, observando para ello que el material se encuentre por arriba del nivel de enrase de la caja del camión o trailer; ya que la mayoría de los transportistas no suele considerar el factor de abundamiento de los materiales, asimismo debe vigilarse que el material suministrado no presente una cantidad excesiva de partículas indeseables en una clasificación de tamaño determinada, es decir; que no presente demasiados supratamaños o infratamaños ya que lo anterior podría provocar mayor tendencia a la segregación durante el manejo y acomodo de dichos materiales.

Para el caso del agua, su aceptación o rechazo bastará con el simple hecho de vigilar que permanezca limpia y no tener sabor ni olor.

El cemento y los aditivos generalmente no implican mayor atención para su aceptación ya que la confiabilidad de su - - aprobación radica en el control de calidad que aplican los -- productores en su elaboración. Posiblemente una de las pre-- venci6nes que deban tomarse en el momento de la descarga del cemento sea la de comprobar la temperatura a la cual llega a la planta; ya que si se encuentra demasiado caliente podrfa - provocar severos problemas si se utiliza inmediatamente en la producci6n de concreto.

Se hace la aclaraci6n de que para el caso del cemento y el agua su aceptaci6n se debe basar en los an6lisis qufmicos y ensayos ffsicos que previamente se deben elaborar en el laboratorio, tal y como se mencion6 en los capftulos 3 y 4 de este trabajo.

El control del almacenamiento de agregados como se mencion6 anteriormente debe encauzarse a vigilar se sigan procedimientos que eviten la segregaci6n, impedir la rotura de -- las partfculas y que las fracciones se contaminen entre sfi o con materiales extrafios. A continuaci6n se mencionan algunas medidas ftiles para lograr dichos prop6sitos, de acuerdo a la experiencia vivida en varias plantas premezcladoras de la empresa Concretos BAL, S.A.

- a) El sitio donde quedan almacenados los agregados, gene

ralmente es un espacio muy grande el cual debe ser preferentemente un terreno plano o en su caso nivelado, colocando una plantilla de concreto pobre o de suelo cemento; o bien una capa perdida de agregado en contacto con el terreno debiendo ser no menor de 30 cm de espesor. Cualquiera de estas medi--das es eficaz para evitar la contaminación del agregado con el terreno natural.

b) Los almacenamientos de agregados deben hacerse con apilamientos de extensión grande y baja altura, ya que a medida que aumenta la altura del almacenamiento, aumenta la posibilidad de segregación. Las pilas deben integrarse por capas horizontales de poco espesor, procurando que el perímetro resulte con taludes de poca pendiente preferentemente escalonados.

c) Se debe evitar el contacto de las bases de dos pilas contiguas de fracciones distintas, con objeto de evitar que se mezclen; esto se logra separando los materiales mediante la interposición de un muro o mampara de altura adecuada.

d) Se recomienda extender los materiales con equipo mecánico provisto de ruedas neumáticas, para evitar la rotura de partículas; no es aconsejable el manejo de los materiales con equipos de banda tipo oruga.

e) Si la arena se encuentra seca, debe evitarse que el viento la segregue, colocando para ello mamparas de protección en el punto de descarga, si la arena se encuentra sobresaturada debe drenarse un mínimo de 48 horas antes de su empleo para que su contenido de humedad sea uniforme.

f) Finalmente se recomienda esparcir agua sobre la superficie de los agregados para tratar de lograr una tendencia al estado de saturado y superficialmente seco de los mismos. Esto se realiza cuando se observa que los materiales se encuentran muy secos.

Pasando ahora al agua que se utiliza para el mezclado de concreto, debe aprobarse mediante ensayos de laboratorio como ya se ha mencionado anteriormente; durante la producción no se requieren de nuevos ensayos, solo que ocurra una contaminación imprevista con sustancias que dañen al concreto.

Para el almacenamiento de agua, las plantas disponen de tanques móviles, cisternas o piletas que en algunos casos dichos depósitos permiten la sedimentación de elementos en suspensión y eliminación de cuerpos flotantes. El control que requiere el manejo del agua radica en la limpieza periódica que se debe efectuar a los depósitos de almacenamiento para eliminar el material sedimentado.

Por lo que corresponde al cemento, su manejo normalmente se hace a granel desde que sale de la fábrica hasta su almacenamiento en la planta premezcladora, su almacenamiento se realiza en silos portátiles que generalmente se encuentran muy - cerca de la planta dosificadora, la capacidad de los silos - puede variar desde 15 a 35 toneladas o más.

El llenado de los mismos se realiza mediante la descarga del equipo de transporte que suministra el cemento a granel, - la descarga se efectúa haciendo pasar mediante la inyección a presión el cemento, a través de la conexión de mangueras del equipo de transporte al silo portátil. El cemento requiere - de la debida programación para su utilización, ya que si permanece almacenado demasiado tiempo, puede alcanzar cierto grado de hidratación de acuerdo con la humedad ambiente.

Finalmente para dar por concluida la exposición sobre el almacenamiento de los materiales, indicaré que los aditivos - empleados en las diversas plantas, generalmente son almacenados en recipientes plásticos (cubetas o tambos), que originalmente el productor suele utilizar para su envase.

5.2 Diseño y control de mezclas.

Para la exposición de este punto se debe recordar que los capítulos 2,3 y 4 tuvieron como objetivo fundamental, indicar las principales características y requisitos que deben cumplir los insumos necesarios para la producción del concreto, ahora bien; el diseño de una mezcla de concreto involucra determinar en el laboratorio la granulometría de los agregados, densidad, humedad y absorción de los mismos; así como el peso volumétrico compactado por varillado del agregado fino y grueso.

Como se mencionó en su oportunidad, la comercialización del concreto requiere por parte de las empresas productoras el ensaye de mezclas de prueba con el objeto de definir los proporcionamientos para las diversas resistencias del concreto solicitado en el mercado por los consumidores.

La experiencia vivida en la empresa Concretos BAL, S.A.; me hizo ver que el diseño de mezclas se ejecuta en su laboratorio central, difícilmente una planta premezcladora elabora sus diseños independientemente, ya que la función del laboratorio es producir mediante el uso de computadora de todas las tablas de dosificación utilizadas por las diversas plantas premezcladoras con que cuenta dicha compañía; este proceso es extensivo para todas las compañías premezcladoras.

No existe un método general para efectuar el diseño de una mezcla ya que en sí hay varios métodos para obtener tentativamente las cantidades de material, la práctica recomendada por esta empresa se basa tanto en los valores que la A.C.I., ha adoptado según lo estipulado en su comité A.C.I. 211.1-70, 70., así como en su experiencia obtenida a través del ensaye de pruebas a las mezclas producidas.

A continuación se muestra una forma general de las principales consideraciones que se hacen en dicha empresa para la determinación de un diseño.

a) Consistencia del concreto; resulta de suma importancia seleccionar la consistencia de la mezcla de acuerdo con el tipo de construcción que se va a desarrollar; su medición se realiza por medio del revenimiento empleando para ello el cono de Abrams.

En la práctica los clientes que solicitan el concreto son quienes fijan el valor de la consistencia, pudiendo variar esta desde 10, 14, 18 y 20 cm.

La tabla 5.2.1 indica los valores recomendados por la --

TABLA 5.2.1.- REVENIMIENTOS RECOMENDABLES.

TIPO DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO EN (cm).	
	MAXIMO	MINIMO
MUROS Y ZAPATAS DE CIMENTACION REFORZADAS	7.5	2.5
ZAPATAS, CAJONES Y MUROS DE SUBESTRUCTURAS SIN REFUERZO.	7.5	2.5
VIGAS Y MUROS REFORZADOS.	10.0	2.5
COLUMNAS DE EDIFICIOS.	10.0	2.5
PAVIMENTOS Y LOSAS.	7.5	2.5
CONCRETO EN MASA.	5.0	2.5

TABLA 5.2.2.- TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO RECOMENDADO

DIMENSION MINIMA DE LA SECCION EN (mm)	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO EN (mm).			
	MUROS REFORZADOS VIGAS Y COLUMNAS	MUROS SIN REFUERZO	LOSAS MUY REFORZADAS	LOSAS CON POCO REFUERZO
65-125	12.7-19.0	19.0	19.0-25.4	19.0-38.0
150-280	19.0-38.0	38.0	38.0 -	38.0-76.0
300-740	38.0-76.0	76.0	38.0-76.0	- 76.0
760 o MAS	38.0-76.0	152.0	38.0-76.0	76.0-152.0

A.C.I., para elegir el revenimiento de acuerdo a varios tipos de construcción.

b) Se fija el tamaño máximo del agregado grueso, el cual también es función del elemento estructural por colar así como de la dimensión de su sección transversal. La tabla 5.2.2 muestra el tamaño máximo recomendado por la A.C.I., para los diferentes tipos de estructura.

c) Se estima la cantidad de agua de mezclado requerida - para producir el revenimiento solicitado; la cantidad de agua depende del tamaño máximo del agregado, forma de la partícula, de la granulometría de los agregados y del aire incluido.

En la tabla 5.2.3 se recomienda la cantidad de agua de mezcla y contenido de aire que el A.C.I., ha adoptado para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado. Esta tabla también indica la cantidad aproximada de aire atrapado que es el que se tiene cuando no se usa algún agente inclusor de aire, y muestra además el nivel promedio de aire en el concreto que se incluye intencionalmente para mejorar la durabilidad del concreto.

d) Finalmente se determina la relación agua-cemento requerida para la resistencia del diseño especificado, para obtener este dato se recurre a la gráfica de la curva de la ley

TABLA 5.2.3 .- CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES REVENTIMENTOS Y TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO.

REVENTIMIENTO (cm)	LITROS DE AGUA POR m ³ DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO							
	9.5 mm	12.7 mm	19.0 mm	25.4 mm	38.0 mm	50.8 mm	78.0 mm	152.0 mm
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO								
2.5 A 5.0	208	199	187	178	163	154	130	113
7.5 A 10.0	228	216	202	193	178	169	145	125
15.0 A 17.5	243	228	214	202	187	178	160	-
CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO EN %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO								
2.5 A 5.0	181	175	166	160	148	142	122	107
7.5 A 10.0	202	193	181	175	163	157	133	119
15.0 A 17.5	216	205	193	184	172	166	154	-
CANTIDAD DE AIRE PARA DI- FERENTES EXPO- SICIONES DEL CONCRETO EN %								
MEDIA	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
MODERADA	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
EXTREMA	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

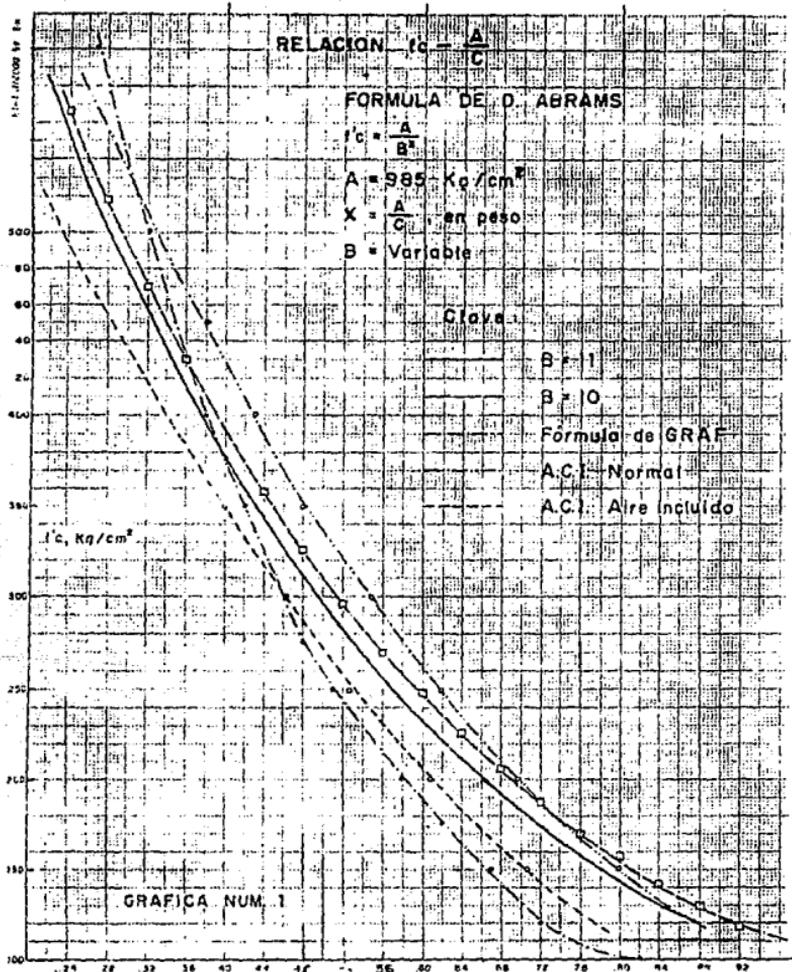
de Abrams, la cual se obtiene de pruebas elaboradas en el laboratorio.

Es importante señalar que debido a que para diferentes agregados y cementos se obtienen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua-cemento, es de recomendarse que para cada tipo de agregados y cemento que se vayan a emplear se determine la relación entre resistencias y relación agua cemento, tal y como se muestra en la gráfica número 1. Dicha gráfica relaciona la resistencia del concreto a la compresión, obtenida en pruebas de laboratorio en cilindros de 15x30 cm, a la edad de 28 días curados bajo condiciones de laboratorio; y la relación de agua-cemento en peso para cemento Portland tipo I y agregados normales que satisfagan las especificaciones de calidad respectivas.

A continuación lo expuesto anteriormente se ejemplificará con el cálculo del proporcionamiento de los materiales de una mezcla de concreto cuyos requerimientos son los siguientes:

Se trata de diseñar una mezcla que va a estar bajo el nivel de aguas freáticas, pero no sujeto a ataques severos de intemperismo o sulfatos; el cemento que se empleará será Portland tipo I. Los requisitos estructurales son:

$$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \qquad r = 8 \text{ cm}$$



Las características físicas de los materiales son las -- que aparecen en la tabla que a continuación se indica.

Material	Pvs kg/m ³	Pvc kg/m ³	D	Abs. %	Hum. %	M.F.	T.M.
Arena	1575	1620	2.6	1.5	2.5	2.8	-
Grava	1530	1580	2.5	3.0	2.0	-	38 m
Cemento	1515	-	3.1	-	-	-	-

en donde:

Pvs = Peso volumétrico suelto.

Pvc = Peso volumétrico compacto.

D = Densidad.

Abs. = Absorción.

Hum. = Humedad.

M.F. = Módulo de Finura.

T.M. = Tamaño Máximo del agregado.

El primer paso que involucra controlar la calidad de una mezcla de prueba en el laboratorio, es que en su diseño la resistencia promedio que se considera para su cálculo siempre es mayor que la de proyecto, ya que siempre se van a obtener algunos valores menores a la de proyecto. Estas resistencias mayores a la de proyecto se denominan resistencias requeridas f'_{cr} , y están en función de la f'_c de proyecto, la desviación

estándar σ , y el coeficiente de variación V ; aceptando desde luego un determinado por ciento de resistencias menores a la f'_c siendo esto más decisivo que el promedio total de resistencias y nunca debe especificarse un valor de resistencia mínimo, ya que existe siempre la posibilidad siempre de obtenerse alguna resistencia inferior a esa no obstante que el control de calidad que se haya llevado sea bueno.

Existen varias ecuaciones para el cálculo de la f_{cr} , para el caso del ejemplo propuesto se utilizará la del método de la desviación estándar.

$$f_{cr} = f'_c + \sigma t$$

donde:

t = constante que depende siempre del por ciento de pruebas que pueden ser inferiores a la f'_c .

σ = Valor considerado de la desviación estándar en kg/cm^2 que depende del grado de control que se lleve.

Para el ejemplo se acepta que el 20% de la resistencia promedio de pruebas sean menores de la f'_c , luego entonces los valores de t y σ serán respectivamente; $t = 0.84$ y $\sigma = 35 \text{ kg/cm}^2$. Estos valores serán explicados con más detalle cuando se llegue al tema sobre el control al concreto endurecido.

Sustituyendo los valores obtenidos para t y \bar{C} en la ecuación se llega a la conclusión de que el diseño de la mezcla debe hacerse para una resistencia de:

$$f_{CR} = 250 + 0.84 \times 35 = 279 \text{ kg/cm}^2$$

El siguiente paso consiste en determinar la cantidad aproximada de agua de mezcla para producir el revenimiento proyectado que es función del tamaño máximo de agregado, del aire atrapado o incluido en el concreto y del revenimiento mismo. Aprovechando la tabla 5.2.3 se entra con el revenimiento de 8 cm, tamaño máximo de agregado grueso de 38 mm y sin considerar aire incluido, se obtiene una cantidad de agua aproximada de 178 litros por metro cúbico de concreto con un uno por ciento de aire atrapado.

A continuación como se trata de una estructura que no va a estar expuesta a condiciones extremas, se determina la relación agua-cemento; para satisfacer la resistencia de proyecto f_{CR} de 279 kg/cm^2 . Utilizando la gráfica Núm. 1 para un valor de $B = 11$ se obtiene el siguiente valor:

$$\frac{A}{C} = 0.52 \text{ en peso.}$$

El contenido de cemento se calcula teniendo conocidas la relación agua-cemento y la cantidad de agua por metro cúbico de concreto.

$$A = 178 \text{ litros/m}^3 \quad \text{y} \quad \frac{A}{C} = 0.52$$

Sustituyéndose A en $\frac{A}{C}$ se tiene:

$$\frac{178}{C} = 0.52 \quad \text{y} \quad C = \frac{178}{0.52} = 342 \text{ kg/m}^3$$

lo cual da que el cemento es de 342 kg/m^3 .

La cantidad de agregado grueso se determina mediante la ayuda de la tabla 5.2.4 que el A.C.I., ha adoptado para obtener el volumen de material seco compacto por varillado por unidad de volumen de concreto; como se puede observar en dicha tabla, el volumen de material es función del tamaño máximo del agregado y el módulo de finura de la arena.

Entrando a la tabla con el tamaño máximo del agregado de 38 mm y con el módulo de finura de la arena de 2.8, se obtiene el volumen de agregado grueso de 0.710 metros cúbicos por metro cúbico de concreto; y para obtener la cantidad de agregado grueso en kilogramos, se multiplica la cantidad en volumen por su peso volumétrico, es decir:

$$g_p = g_v \times P_{vg} = 0.710 \times 1580 = 1122 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto la cantidad de agregado grueso es de 1122 kg/m^3 .

Finalmente para conocer la cantidad de agregado fino se

**TABLA 5.2.4.- VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN
 UNITARIO DE CONCRETO.**

TAMANO MAXIMO DE AGREGADO		VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO SECO COMPACTADO CON VARILLA POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO PARA VARIOS MODULOS DE FINURA DE ARENA			
M O D U L O D E F I N U R A					
CM	PULG	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
12.7	1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	1	0.71	0.69	0.67	0.65
38.0	1.1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
50.8	2	0.78	0.76	0.74	0.72
76.0	3	0.82	0.80	0.78	0.76
152.0	6	0.87	0.85	0.83	0.81

procede de la siguiente manera; conocidas las cantidades de agua, cemento, grava y vacíos, se efectúa la suma de volúmenes absolutos de los componentes del concreto y se iguala a la unidad de medición que es el metro cúbico.

Entonces en base a lo anterior se tiene:

$$V_c = v_c + v_A + v_g + \text{vacíos}$$

en la que (v) es el volumen absoluto.

$$C = 342 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 178 \text{ litros/m}^3$$

$$g = 1122 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{aire} = 1\% = 10 \text{ litros/m}^3$$

Los volúmenes absolutos se obtienen dividiendo las cantidades en peso de los materiales entre sus densidades, obteniéndose lo que a continuación se indica:

$$V_c = 1000 = \frac{P_c}{D_c} + A + \frac{P_a}{D_a} + \text{aire}$$

sustituyendo valores;

$$1000 = \frac{342}{3.1} + \frac{178}{1.0} + v_a + \frac{1122}{2.5} + 10$$

$$\text{donde, } 1000 = 110.3 + 178 + v_a + 448.8 + 10 = 747.1 + v_a$$

$$\text{luego; } v_a = 1000 - 747.1 = 252.9 \text{ litros/m}^3.$$

la cantidad de arena en peso es:

$$a_p = 252.9 \times D_a = 252.9 \times 2.6 = 657 \text{ kg/m}^3.$$

Finalmente las cantidades de los materiales por metro cúbico de concreto para la mezcla que se propuso diseñar, son los que a continuación se indican:

Cemento	=	342 kg/m ³
Agua	=	178 litros/m ³
Grava	=	1122 kg/m ³
Arena	=	657 kg/m ³
Aire	=	10 litros/m ³

Calculadas las cantidades de materiales como quedó indicado anteriormente, las actividades de control en el diseño de las mezclas involucran que se haga un afine en dichas cantidades, meramente probando las mismas, debiendo satisfacer los requisitos de trabajabilidad en parte controlada por el cumplimiento del revenimiento, varillado y aplanado; evitar la segregación y que de la facilidad de obtener un buen y fácil terminado del concreto.

Generalmente esto se consigue variando las cantidades iniciales de agregado fino y grueso, según sea el caso; el control de calidad de las mezclas requiere también de efectuar las correcciones por contaminación de supratamaños e in-

fratamaños en los agregados, así como de las correcciones por humedad en los mismos ya que como se mencionó en su oportunidad dichos materiales deben presentar un estado de saturado y superficialmente seco para la elaboración del concreto; esta condición solo se puede obtener en las muestras preparadas en el laboratorio, ya que las condiciones naturales en que se al macenan los materiales en las diversas plantas suelen presentar una gran variabilidad, puesto que pueden llegar muy húmedos o muy secos.

Las correcciones que aquí solo se enuncian, competen a las actividades de control del concreto fresco y de producción; las que más adelante se tratarán.

Para concluir con este punto, se indicó que el laboratorio es el encargado de realizar las tablas de dosificación que se emplean en las distintas plantas, con carácter ilustrativo las tablas 5.2.5 a 5.2.9, muestran la información suficiente que requiere el personal encargado de la producción del concreto en la planta premezcladora.

Estas tablas como se puede apreciar, especifican la resistencia del concreto requerido por el consumidor, así como el tipo de cemento, revenimiento y tamaño máximo de agregado. Asimismo están elaboradas de tal forma que los proporcionamientos están calculados para producir desde medio metro cúbico hasta seis metros cúbicos, que es la capacidad máxima de los camiones de transporte de la empresa BAL, S.A..

Table 5.2.5

CONTROL Y SERVICIOS RAIS S.A.
PLANTA 062 - SN RAFARI CUMALCUTI

06-15-14 1260 NORMAL 3/3 REV 14		DEFICACION MUDLOS											
CONDUCTOS	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
1200-010	120.0	240.0	360.0	480.0	600.0	720.0	840.0	960.0	1080.0	1200.0	1320.0	1440.0	
06005	48.0	96.0	144.0	192.0	240.0	288.0	336.0	384.0	432.0	480.0	528.0	576.0	
06006	96.0	192.0	288.0	384.0	480.0	576.0	672.0	768.0	864.0	960.0	1056.0	1152.0	
06110	0.2	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	
0611	168.0	336.0	504.0	672.0	840.0	1008.0	1176.0	1344.0	1512.0	1680.0	1848.0	2016.0	

CONTROL Y SERVICIOS RAIS S.A.
PLANTA 062 - SN RAFARI CUMALCUTI

06-15-14b 1260 NORMAL 3/3 REV 14b		DEFICACION MUDLOS											
CONDUCTOS	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
1200-010	125.0	250.0	375.0	500.0	625.0	750.0	875.0	1000.0	1125.0	1250.0	1375.0	1500.0	
06005	49.0	98.0	147.0	196.0	245.0	294.0	343.0	392.0	441.0	490.0	539.0	588.0	
06006	98.0	196.0	294.0	392.0	490.0	588.0	686.0	784.0	882.0	980.0	1078.0	1176.0	
06110	0.2	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	
0611	116.0	232.0	348.0	464.0	580.0	696.0	812.0	928.0	1044.0	1160.0	1276.0	1392.0	

Tabla 5.2.5

CONTROL Y SERVICIOS RAI, S. A.
 PLANTA: 18.- TENAYO

15-15-11 + 200	NORMAL				3/4 REV 10				DOSIFICACION 12/07/08			
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
OPROBADA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OPROBADO	125,0	275,0	405,0	540,0	675,0	810,0	945,0	1080,0	1215,0	1350,0	1485,0	1620,0
OPROBADO	425,0	875,0	1325,0	1775,0	2225,0	2675,0	3125,0	3575,0	4025,0	4475,0	4925,0	5375,0
OPROBADO	750,0	1750,0	2650,0	3600,0	4590,0	5610,0	6660,0	7720,0	8790,0	9870,0	10950,0	12030,0
OPROBADO	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9	5,4	5,9	6,5
OPROBADO	26,5	53,0	79,5	106,0	132,5	159,0	185,5	212,0	238,5	265,0	291,5	318,0

CONTROL Y SERVICIOS RAI, S. A.
 PLANTA: 18.- TENAYO

15-15-11 + 200	NORMAL				3/4 REV 14				DOSIFICACION 14/07/08			
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
OPROBADA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OPROBADO	145,0	290,0	435,0	580,0	725,0	870,0	1015,0	1160,0	1305,0	1450,0	1595,0	1740,0
OPROBADO	435,0	870,0	1305,0	1740,0	2175,0	2610,0	2975,0	3400,0	3825,0	4250,0	4675,0	5100,0
OPROBADO	750,0	1500,0	2250,0	3000,0	3750,0	4500,0	5250,0	6000,0	6750,0	7500,0	8250,0	9000,0
OPROBADO	0,5	1,1	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0
OPROBADO	21,5	43,0	64,5	86,0	107,5	129,0	150,5	172,0	193,5	215,0	236,5	258,0

Table 5.2.7

CONTROL Y SERVICIOS SAI, S. A.
PLANTA 12.- TERNAYO

SECCION	200 RAPIDO 3/4 REV 14R					SISTEMA 14/010/88						
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
SECCION	185.0	330.0	485.0	640.0	825.0	990.0	1155.0	1320.0	1485.0	1650.0	1815.0	1980.0
SECCION	400.0	720.0	1040.0	1360.0	1720.0	2080.0	2440.0	2800.0	3160.0	3520.0	3880.0	4240.0
SECCION	800.0	1600.0	2400.0	3200.0	4000.0	4800.0	5600.0	6400.0	7200.0	8000.0	8800.0	9600.0
SECCION	5.7	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6	7.3	7.9
SECCION	21.0	52.0	81.0	116.0	145.0	171.0	205.0	230.0	261.0	290.0	317.0	343.0

CONTROL Y SERVICIOS SAI, S. A.
PLANTA 12.- TERNAYO

SECCION	200 RAPIDO 3/4 REV 1R					SISTEMA 14/010/88						
	1.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
SECCION	175.0	350.0	525.0	700.0	875.0	1050.0	1225.0	1400.0	1575.0	1750.0	1925.0	2100.0
SECCION	400.0	720.0	1040.0	1360.0	1720.0	2080.0	2440.0	2800.0	3160.0	3520.0	3880.0	4240.0
SECCION	790.0	1580.0	2370.0	3160.0	3950.0	4740.0	5530.0	6320.0	7110.0	7900.0	8690.0	9480.0
SECCION	6.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.0	7.7	8.4
SECCION	50.5	61.0	91.5	117.0	152.5	183.0	213.5	244.0	274.5	305.0	335.5	366.0

Tabla 5.2.8

CONTROL Y SERVICIOS SAI, S. A.
 PLANTA 03.- CIUDAD AZTECA

	250 MCM/DA 3/4 RVU 1R				06/01/2006 14/01/06							
CONDICIONES	1.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
CONSUMO	185.0	370.0	555.0	740.0	925.0	1110.0	1295.0	1480.0	1665.0	1850.0	2035.0	2220.0
TRABAJO	400.0	800.0	1200.0	1600.0	2000.0	2400.0	2800.0	3200.0	3600.0	4000.0	4400.0	4800.0
APORTE	75.0	150.0	225.0	300.0	375.0	450.0	525.0	600.0	675.0	750.0	825.0	900.0
ACTIVO	0.4	0.7	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4
ACTA	115.0	230.0	345.0	460.0	575.0	690.0	805.0	920.0	1035.0	1150.0	1265.0	1380.0

CONTROL Y SERVICIOS SAI, S. A.
 PLANTA 03.- CIUDAD AZTECA

	250 MCM/DA 3/4 RVU 2R				06/01/2006 14/01/06							
CONDICIONES	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
CONSUMO	190.0	380.0	570.0	760.0	950.0	1140.0	1330.0	1520.0	1710.0	1900.0	2090.0	2280.0
TRABAJO	400.0	800.0	1200.0	1600.0	2000.0	2400.0	2800.0	3200.0	3600.0	4000.0	4400.0	4800.0
APORTE	75.0	150.0	225.0	300.0	375.0	450.0	525.0	600.0	675.0	750.0	825.0	900.0
ACTIVO	0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6
ACTA	118.0	236.0	354.0	472.0	590.0	708.0	826.0	944.0	1062.0	1180.0	1298.0	1416.0

Table 5.2.9

CONTROL Y SERVICIOS RAI, S. A.
 PLANTA 03 - CIUDAD AZTECA

03-155-10 (200)	NORMAL 3/4 RPU 10				INSTRUMENTO 14/01/08							
TEMPERATURA	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
TEMPERATURA	185.0	186.0	188.0	190.0	195.0	1110.0	1285.0	1430.0	1525.0	1650.0	2145.0	2230.0
CRUDA	425.0	426.0	428.0	430.0	435.0	480.0	2175.0	460.0	2025.0	4250.0	4675.0	5160.0
ASFA	210.0	165.0	215.0	245.0	405.0	460.0	567.0	660.0	720.0	810.0	890.0	910.0
ADITIVO	3.4	6.7	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.5
PH	165.0	200.0	200.0	405.0	500.0	550.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0

CONTROL Y SERVICIOS RAI, S. A.
 PLANTA 03 - CIUDAD AZTECA

03-155-14 (200)	NORMAL 3/4 RPU 14				INSTRUMENTO 14/01/08							
TEMPERATURA	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
TEMPERATURA	195.0	200.0	205.0	210.0	215.0	1170.0	1305.0	1560.0	1755.0	1950.0	2145.0	2340.0
CRUDA	425.0	426.0	428.0	430.0	435.0	480.0	2175.0	460.0	2025.0	4250.0	4675.0	5160.0
ASFA	750.0	1500.0	230.0	300.0	385.0	470.0	555.0	630.0	710.0	800.0	890.0	980.0
ADITIVO	6.4	6.8	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7
PH	165.0	210.0	315.0	440.0	575.0	630.0	780.0	840.0	945.0	1050.0	1155.0	1260.0

5.3 Control del concreto fresco.

Este proceso de control consiste en adoptar medidas correctivas en el concreto antes de su elaboración y durante la misma, tendientes a conseguir la máxima uniformidad posible en todas las revolturas que se preparen mediante dos etapas bien definidas: Las medidas de prevención y los ensayos de comprobación.

Dentro de las principales medidas preventivas que deben tenerse está la determinación de las condiciones en que se encuentran los agregados, la verificación de la exactitud en la medición de los componentes del concreto así como la comprobación de la eficiencia del equipo mezclador y la determinación del tiempo mínimo de mezclado necesario.

Como se ha venido mencionando, los cambios de granulometría interna en las fracciones son los más indeseables debido a que sus efectos cuando son importantes, pueden requerir un cambio en el proporcionamiento mediante el diseño de una nueva mezcla; los cambios en los defectos de clasificación de las fracciones de agregados son corregibles mediante ajustes inmediatos a las cantidades de agregados por dosificar. El procedimiento que se acostumbra para corregir por contaminación granulométrica es el que a continuación se indica:

Se obtienen muestras de las fracciones clasificadas como se encuentran en el momento de utilizarlas y se determinan sus contenidos de supratamaños e infratamaños; normalmente estos valores se obtienen tanto en laboratorio o directamente en la planta premezcladora, se distribuyen los defectos de clasificación entre las fracciones asignando el infratamaño a la grava y el supratamaño a la arena. El peso teórico de cada fracción sufre dos modificaciones, por una parte requiere incrementarse lo necesario para compensar los pesos del infratamaño o supratamaño que deben ceder cualquiera de los dos materiales, y por otra; disminuirse lo necesario para compensar los del infratamaño o supratamaño que teóricamente deben recibir cualquiera de los dos materiales, de este doble ajuste resulta el peso corregido que tiene que dosificarse de cada fracción de agregado.

La tabla 5.3.1 presenta un ejemplo de este procedimiento en el se considera un diez por ciento de infratamaños para la grava y un veinte por ciento de supratamaños para la arena.

En cuanto al contenido de humedad, conviene recordar que al establecer el proporcionamiento de concreto, se considera teóricamente que los agregados se encuentran en estado saturado y superficialmente seco, esto es; que no aportan ni sus-traen agua de la mezcla, esta condición no suele presentarse en la realidad, motivo por el cual se lleva a cabo la correc-

Tabla 5.3.7

CORRECCION DE MEZCLAS

PLANTA 6 Coacalco f'c 3004/cm² C.M.I. MAXIMO mm
 FECHA 30/NOV/08 TIPO Normal REVENIMIENTO 10

OBSERVACIONES

MEZCLA	GRAVA-2			GRAVA-1 700			ARENA 730			SUMA
P. BASE	kg/m ³			kg/m ³ 700			kg/m ³ 730			1430
	G-2	G-1	Σ	G-2	G-1	AR	Σ	G-2	G-1	AR
GRAVA-2	-	-		+	-	-		-	-	-
GRAVA-1	+	-	90	-	-	-182	20	-	-	-182
ARENA	+	-	10	-	78	-	80	-	78	-
CORREC.						596			834	1430

CORRECCION POR HUMEDAD

MATERIAL	UNIDAD	POR m ³	HUMEDAD		ABSORCION		CANTIDAD REAL POR m ³
			%	Kg	%	Kg	
CEMENTO		490					490
ARENA	KG	834	6	+ 50	4	- 33	851
GRAVA-1	KG	596	4	+ 24	8	- 48	572
GRAVA-2	KG			+			
AGUA	LTS	220		- 74		+ 81	227
ADITIVO	LTS		NOTA:				
OTROS							
SUMA		2140					2140

Aprobado

REVISO

ción por humedad y cuyo procedimiento requiere determinar previamente la cantidad de agua (expresada como porcentaje en peso) que requiere cada fracción de agregado para quedar en estado saturado y superficialmente seco. Esta cantidad de agua se conoce como agua de absorción y se determina para los agregados finos y gruesos según lo indicado en el capítulo 2.

En el momento de utilizar los agregados se determina su contenido de humedad según el procedimiento descrito en el capítulo 2 de este trabajo. La diferencia entre el porcentaje de absorción y el de humedad se realiza y su valor puede ser positivo o negativo, dependiendo si el agregado se encuentra sub o sobresaturado, indicando la cantidad de agua que le falta o sobra al agregado.

Antes de dosificar los materiales, hay que considerar si se encuentran subsaturados ya que el peso del agua que les falta debe disminuirse de el peso teórico de los agregados y añadirse al agua de mezclado; por lo contrario si se encuentran sobresaturados, debe procederse en forma inversa con el peso del agua que les sobra. La tabla 5.3.1. muestra un ejemplo de como se acostumbra llevar a la práctica esta corrección.

Es necesario que primero se realice el ajuste de los pesos de los agregados por contaminación granulométrica y después, sobre la base de los pesos ajustados se lleve la corrección por humedad.

Los ensayos de comprobación de las mezclas constituyen - quizá uno de los aspectos más importantes en el control del - concreto fresco, ya que a través de sus resultados se obtiene la primera información que indica si el concreto es de calidad requerida.

Las propiedades del concreto fresco que se especifican - con mayor frecuencia y que por ello son objeto de comprobación, son la consistencia de las mezclas y el contenido de aire, eventualmente se considera conveniente comprobar el peso volumétrico, tiempo de fraguado, temperatura y sangrado.

Para calificar la consistencia de las mezclas el procedimiento del cono de revenimiento es el más utilizado tanto - en el laboratorio como en las plantas premezcladoras, la frecuencia con que se muestrea el concreto para medir su revenimiento depende del volumen que se produce, de la variabilidad que se espera dependiendo de los cambios de humedad de los -- agregados y de la aptitud de los equipos de dosificación para producir revoltura tras revoltura de una misma resistencia y revenimiento.

Cuando se trata de producir concreto con aire incluido - se requiere controlar el contenido de aire en el concreto - fresco, de hecho debe verificarse que el aire que se incluye intencionalmente cumpla con las tolerancias especificadas pa-

ra cumplir con el objetivo buscado. Para controlar el contenido de aire normalmente se muestrea el concreto a la salida de la revolvedora, para obtener así condiciones de prueba más uniformes y comparables entre sí; el método seguido para controlar esta característica es el conocido como método de la olla de presión cuyo procedimiento se encuentra perfectamente detallado en la NOM-C-162.

Finalmente otras de las propiedades del concreto fresco cuya comprobación normalmente suele requerirse en circunstancias especiales en las plantas premezcladoras cuando se trata de suministrar concreto con ciertas características es, la comprobación del peso volumétrico y el tiempo de fraguado.

La comprobación del peso volumétrico es motivo de control cuando se producen concretos específicamente pesados o ligeros, es recomendable comprobar esta propiedad con una frecuencia mínima de una vez por turno.

El tiempo de fraguado es susceptible de experimentar variaciones notables debidas a cambios de temperatura o por el uso de aditivos acelerantes o retardantes de fraguado; de ahí que se requiera controlar las dosificaciones de dichos aditivos mediante ensayos previos en las mezclas de prueba.

5.4 Control del concreto endurecido.

El procedimiento seguido para efectuar el control en el concreto endurecido se basa en los estudios estadísticos que normalmente se llevan en las empresas concretaras para evaluar los resultados de los ensayos, normalmente de resistencia a compresión de especímenes de concreto.

El control consiste en comprobar que el concreto endurecido adquiera y manifieste las propiedades supuestas durante el diseño de la mezcla respectiva, propiedades que a su vez se hayan estimado indispensables para el buen comportamiento de las estructuras. La resistencia mecánica es la propiedad del concreto endurecido que se comprueba con mayor frecuencia esto se debe a que la mayoría de las estructuras de concreto se diseñan sobre la base de una determinada resistencia mecánica, la que también es una propiedad índice de otras características del concreto; también influye el hecho que la resistencia mecánica se puede determinar en forma más sencilla y rápida que otras propiedades del mismo.

Para fines prácticos la resistencia mecánica del concreto interesa principalmente bajo dos condiciones de carga; a tensión y a compresión; la tensión suele determinarse por flexión en vigas o por compresión diametral en cilindros (prueba brasileña). La resistencia a compresión se determina

en cilindros ensayados por compresión axial.

La prueba de vigas a flexión tiene hoy en día el carácter de ensaye rutinario para comprobar la resistencia a tensión del concreto en estructuras que como los pavimentos rígidos, trabajan a flexión predominantemente.

La prueba de cilindros por compresión diametral aún no alcanza la categoría de ensaye rutinario en las plantas premezcladoras: ya que solo se aplica en casos especiales en que además de la resistencia a compresión, interesa también conocer la resistencia a tensión del concreto. Su ventaja consiste en que se utiliza el mismo tipo de especímenes de la prueba de compresión.

La prueba de compresión axial en cilindros representa el ensaye tradicional, según el cual mide la resistencia a compresión del concreto en la práctica local; de tal suerte que cuando se dice que un concreto es para determinada resistencia de proyecto, se considera que es la que deben alcanzar cilindros representativos de dicho concreto al ensayarlos a compresión axial, después de permanecer 28 días en condiciones estándar de curado.

No obstante que la edad mencionada generalmente se considera como estándar para comprobar si los especímenes represen

tativos del concreto alcanzan la resistencia especificada, es frecuente emplear especímenes adicionales para ensayarlos a otras edades, menores o mayores de 28 días.

Cuando se ensayan especímenes a edades mayores de 28 días, la finalidad que se persigue consiste en comprobar si el concreto se comporta conforme a previsiones hechas originalmente, o bien observar los efectos producidos por determinadas condiciones particulares de exposición y de servicio que prevalezcan en la estructura. Pero independientemente de los ensayos a edades cortas o largas, que son difíciles de reglamentar porque obedecen a situaciones especiales, debe considerarse que las pruebas a 28 días son las que suministran datos para el control del concreto endurecido, porque permiten juzgar si la calidad que se obtiene corresponde a la especificada.

Para que los datos obtenidos de los ensayos de resistencia tengan la misma confiabilidad y puedan agruparse para juzgar la calidad del concreto en conjunto, es necesario se lleven a cabo en condiciones invariables desde el muestreo del concreto fresco hasta la prueba de los especímenes; por ello en las diversas etapas del proceso de control deben aplicarse las siguientes normas emitidas por la D.G.N.

NOM-C-161 Muestreo del concreto fresco.

NOM-C-160 Elaboración y curado de especímenes de concreto.

NOM-C- 83 Determinación de la resistencia a compresión de cilindros moldeados de concreto.

NOM-C-191 Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con cargas a los tercios del claro.

Además de la adopción de los procedimientos descritos en dichas normas, es necesario seguir criterios consistentes relativos a la frecuencia con que deben obtenerse las muestras del concreto que se controla, así como el número de especímenes que deben elaborarse para cada prueba de resistencia.

La práctica generalizada por las compañías concreteras consiste en clasificar los concretos según su resistencia de proyecto y tamaño máximo de agregado principalmente, esto es; cada clase diferente debe corresponder a una resistencia de proyecto y a un tamaño máximo de agregado.

Para cada clase de concreto se establece una frecuencia de muestreo en razón del volúmen y número de revolturas que se fabrican diariamente en las plantas, así como de la uniformidad que se espera en la calidad del concreto. Mientras mayor es el volúmen de concreto diario y la uniformidad predecible, menor es la frecuencia del muestreo; por el contrario, -

entre más grande sea el número de revolturas para reproducir, mayor será la frecuencia del muestreo.

Ante la imposibilidad que representa para las compañías premezcladoras el conocer las propiedades de todas y cada una de las revolturas, ya que ello obligaría el obtener muestras de cada mezcla, es necesario acudir a métodos estadísticos para que con cierta probabilidad de error los datos disponibles puedan hacerse extensivos al conjunto muestreado.

Para obtener la máxima información se hacen ensayos de compresión en un número suficiente de especímenes para representar el concreto producido; en la práctica por cada muestra obtenida se elaboran cuatro especímenes los cuales se ensayan a siete, catorce y veintiocho días(2), respectivamente. Se emplean los métodos estadísticos apropiados para interpretar los resultados; estos proporcionan en la actualidad la mejor herramienta para deducir de tales resultados, la calidad y resistencia potenciales del concreto.

Normalmente los resultados de los ensayos de resistencia a compresión de especímenes de concreto caen dentro de la curva de distribución normal de frecuencias, mejor conocida como campana de Gauss. Esta curva nos indica que cuando hay un buen control, los valores de la resistencia serán más cercanos al valor promedio y la curva será alta y cerrada; sin em-

bargo si aumentan las variaciones en la resistencia, los valores se dispersan y la curva se vuelve baja y abierta,

Existen varias funciones en la curva normal de frecuencias que son útiles para comprender la información recibida, dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

$$\text{Media o promedio; } \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

donde: X_1, X_2, \dots, X_n Promedio de los resultados de los que componen una muestra.

n = Número total de muestras, entendiéndose por una muestra el número total de especímenes que se obtienen de una misma revoltura y que se ensayan a la misma edad.

Desviación Estandar σ .- La medida usual de dispersión con respecto al valor central es la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las resistencias respecto a la resistencia promedio, la desviación estandar se entiende como el radio de giro respecto al centro del área comprendida bajo la curva teórica de probabilidad.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

Coefficiente de Variación. - Es la desviación estandar expresada como porcentaje de la resistencia promedio.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

Esta función permite expresar el grado de dispersión como porcentaje y no como valor absoluto.

La tabla 5.4.1 tomada del ACI 214-77, sirve como guía para evaluar el grado de control en la uniformidad de la fabricación del concreto en función de la desviación estandar.

Intervalo. - Se determina restando la resistencia más baja de la resistencia más alta del grupo de especímenes que integran una muestra; el intervalo o rango es útil para calcular la desviación estandar y posteriormente el coeficiente de variación en los ensayos de laboratorio.

Como se ha mencionado, las variaciones en los resultados de ensayos de resistencia pueden deberse a dos causas diferentes: I) Propiedades de la mezcla de concreto y II) discrepancias en los métodos de ensaye. Es posible por un análisis de variancia calcular las variaciones debidas a cada una de las causas.

**TABLA 5.4.1.- EVALUACION DEL GRADO DE CONTROL DE LA UNIFORMIDAD
DE LA FABRICACION DEL CONCRETO EN (KG/CM³)**

EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	ACEPTABLE	POBRE
POR DE BAJO DE	DE	DE	DE	SOBRE
25	25 A 35	35 A 40	40 A 50	50

**TABLA 5.4.2.- FACTORES PARA CALCULAR LA DESVIACION ESTANDAR
DE LOS ENSAYES**

NUMERO DE ESPECIMENES	D	1/D
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299

Las variaciones en la resistencia del concreto, dentro de una revoltura se encuentran determinando las variaciones de especímenes fabricados de esas mismas revolturas; es conveniente suponer que una muestra de concreto es uniforme y que por lo tanto, cualquier variación entre especímenes compañeros fabricados de dicha muestra se debe a discrepancias en la fabricación, en el curado o en el ensaye. Las muestras tomadas de diferentes partes de una revoltura pueden incluir variaciones debidas a la ineficiencia de las mezcladoras.

Los especímenes compañeros fabricados de muestras tomadas de diversas partes de la revoltura pueden usarse para diferenciar entre la eficiencia de la mezcladora y la eficiencia del ensaye. Una sola revoltura de concreto no proporciona información suficiente para el análisis estadístico, por lo que se recomienda fabricar y ensayar especímenes compañeros de por lo menos diez muestras tomadas de diferentes revolturas para poder establecer valores confiables del intervalo, la desviación estandar y el coeficiente de variación en los ensayos se calculan como sigue:

$$\sigma_1 = \frac{1}{n} \times R$$

$$V_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{X}} \times 100$$

En donde:

σ_1 = Desviación estandar de los ensayos.

d = Constante que depende del número de especímenes por muestra, la tabla 5.4.2 indica los valores que pueden tomarse, tomados del manual de control de calidad de materiales del A.S.T.M. 15C.

\bar{R} = Promedio o media del total de intervalos.

V = Coeficiente de variación de los ensayos.

\bar{X} = Resistencia promedio de todas las muestras.

Existen además de estos criterios para la evaluación de la uniformidad de las mezclas de concreto, otros requisitos de resistencia como los indicados en la NOM-C-155; cuyas principales especificaciones a continuación se transcriben:

Se clasifican dos grados de calidad en el concreto, A y B.

El concreto de calidad A debe cumplir con lo siguiente:

a).- Se acepta que no más del 20% del número de pruebas de resistencia, tengan valor inferior a la resistencia especificada f'_c se requiere un mínimo de 30 pruebas.

b).- No más del 1% de los promedios de 7 pruebas de resistencia consecutiva será inferior a la resistencia especificada.

c).- No más del 1% de las pruebas de resistencia pueden ser menor que la resistencia especificada menos 50 kg/cm^2 .

El concreto de calidad B debe cumplir con lo siguiente:

a).- Se acepta que no más del 10% de pruebas de resistencia tengan valores inferiores a la resistencia especificada; se requiere un mínimo de 30 pruebas.

b).- No más del 1% de los promedios de 3 pruebas de resistencia consecutiva puede ser igual o menor que la resistencia especificada.

c).- No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que la resistencia especificada a compresión menos 35 kg/cm^2 .

Para satisfacer estos requisitos, la resistencia promedio del concreto será obviamente mayor que la resistencia de proyecto f'_c dependiendo de la uniformidad esperada en la producción del concreto, así como del porcentaje que se permite de resultados de ensayos inferiores a la resistencia de proyecto. La resistencia promedio requerida, f_{cr} puede obtenerse haciendo uso de las fórmulas siguientes:

$$f_{cr} = f'_c + \sigma_t \quad (1)$$

$$f_{cr} = f'_c - 35 + \sigma_t \quad (2)$$

$$f_{cr} = f'_c + \frac{t\sigma}{n} \quad (3)$$

donde:

f_{CR} = Resistencia promedio requerida en kg/cm^2 .

f'_c = Resistencia de proyecto especificada en kg/cm^2 .

t = Constante que depende de la porción de resultados inferiores a f'_c y del número de muestras empleadas para -- calcular la desviación estandar.

σ = Desviación estandar de las muestras en kg/cm^2 .

n = Número de promedios de ensayos consecutivos.

A continuación se muestra la tabla 5.4.3 que indica los diversos valores que puede adquirir la constante "t", dichos valores se tomaron de la tabla original debida a Fisher y Yates. "Statistica tables for Biological Agriculture and Medical Research".

Finalmente una de las herramientas más utilizadas dentro de la industria del concreto premezclado lo representan las - cartas de control de calidad, estas cartas se han utilizado - en dicha industria durante muchos años como una ayuda para lo - gar uniformidad y eficiencia en la producción del concreto.

Existen métodos bien definidos para la elaboración de es - ta carta de calidad; los cuales se describen detalladamente - en el "Manual de Control de Calidad de Materiales" de la A.S. T.M.

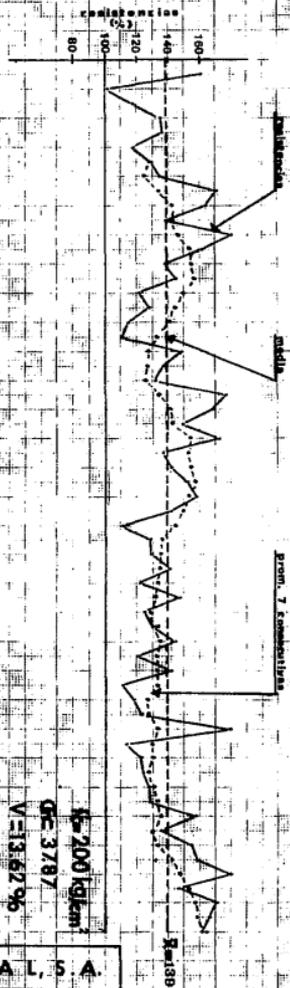
TABLA 5.4.3.- VALORES DE "t".

NUMERO DE HUESTRAS MENOS 1	PROBABILIDAD DE CAER DEBAJO DEL LIMITE INFERIOR	
	2 EN 10	1 EN 10
2	1.061	1.880
3	0.978	1.638
4	0.941	1.533
5	0.920	1.476
6	0.906	1.440
7	0.896	1.415
8	0.889	1.397
9	0.883	1.383
10	0.879	1.372
15	0.866	1.341
20	0.860	1.325
25	0.856	1.316
30	0.854	1.310
	0.842	1.282

Su procedimiento se basa en la tendencia de resultados anteriores y en los límites establecidos; las nuevas tendencias resultan evidentes al pasar los nuevos resultados a las cartas, los puntos que caen fuera de los límites calculados indican que algo ha afectado el control del proceso. Estas cartas recomiendan que el concreto se produzca siempre en forma continua durante periodos de tiempo considerable.

A continuación se muestra la manera en que se elabora una carta de control de calidad para un concreto suministrado a una obra específica, así como también para una determinada resistencia de proyecto f'_c .

PERIODO I		RESIST. PROMEDIO	
DEL: 23/10/86 AL: 29/06/87			
No. MUESTRA	FECHA COLADO	RESIST. (K)	CONSEC. (K)
18	23/10/86	161	
71	20/01/87	102	
72	20/01/87	118	
87	13/02/87	135	
92	26/02/87	136	
93	26/02/87	138	
95	03/03/87	129	128
96	04/03/87	135	134
97	05/03/87	171	134
98	05/03/87	156	141
100	07/03/87	139	141
104	11/03/87	181	148
106	12/03/87	152	134
107	12/03/87	138	155
110	13/03/87	145	157
115	18/03/87	122	150
126	25/03/87	128	145
145	04/04/87	115	141
149	07/04/87	111	131
152	08/04/87	149	129
160	09/04/87	137	129
164	11/04/87	102	127
165	13/04/87	172	135
194	29/04/87	158	141
205	05/05/87	150	146
209	07/05/87	173	145
210	08/05/87	137	133
211	08/05/87	142	154
212	08/05/87	152	157
213	08/05/87	158	154
220	13/05/87	142	150
222	14/05/87	112	145
224	15/05/87	128	138
226	15/05/87	129	137
229	16/05/87	141	137
230	16/05/87	122	133
232	19/05/87	148	131
237	21/05/87	125	129
238	21/05/87	190	131
239	21/05/87	145	134
245	23/05/87	131	133
247	24/05/87	143	133
1-F	28/05/87	112	132
2-F	28/05/87	119	127
3-F	28/05/87	124	127
252	03/06/87	180	134
255	05/06/87	114	130
256	05/06/87	123	130
259	09/06/87	124	128
264	12/06/87	128	130
265	12/06/87	129	131
266	12/06/87	158	136
267	12/06/87	134	130
269	15/06/87	157	136
271	16/06/87	159	141
273	17/06/87	160	149
279	19/06/87	147	132
281	23/06/87	171	138
286	27/06/87	167	159
287	29/06/87	162	163



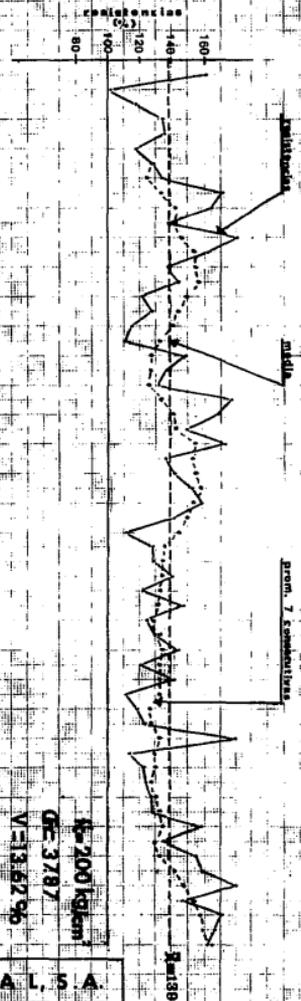
PRODUCTOS BALS A

grafico de resistencias de cilindros de concreto suministrado.

obra: **COMETRO**

Laboratorio Bal. S. A. planta No. 3
 México, D. F. Agosto de 1987

PERIODO		RESIST. PROMEDIO	
DEL: 23/10/86 AL: 29/06/87			
Nb.	FECHA COLADO	RESIST. (K)	CONSEC. (K)
18	23/10/86	161	128
71	20/01/87	102	124
72	20/01/87	118	124
87	13/02/87	135	141
92	26/02/87	196	141
93	26/02/87	118	141
95	03/03/87	129	128
96	04/03/87	155	124
97	05/03/87	171	124
98	05/03/87	154	141
100	07/03/87	189	141
104	11/03/87	181	168
106	12/03/87	162	154
107	12/03/87	188	155
110	13/03/87	165	157
115	18/03/87	122	150
126	25/03/87	128	145
145	04/04/87	115	161
149	07/04/87	111	131
152	08/04/87	149	129
160	09/04/87	137	129
164	11/04/87	132	127
165	15/04/87	127	135
194	29/04/87	168	141
205	05/05/87	150	146
209	07/05/87	173	125
210	08/05/87	137	153
211	08/05/87	142	154
212	08/05/87	152	137
213	08/05/87	158	154
220	13/05/87	142	150
222	14/05/87	132	145
224	15/05/87	128	138
226	15/05/87	129	137
229	16/05/87	141	137
230	16/05/87	122	133
232	19/05/87	168	131
237	21/05/87	125	129
238	21/05/87	130	131
239	21/05/87	145	134
245	23/05/87	121	133
247	26/05/87	143	133
1-F	28/05/87	112	132
2-F	28/05/87	119	127
3-F	28/05/87	124	127
252	03/06/87	180	132
255	05/06/87	144	130
256	05/06/87	123	150
259	06/06/87	124	128
264	12/06/87	128	110
265	12/06/87	129	131
266	12/06/87	158	136
267	12/06/87	186	130
269	15/06/87	157	136
271	16/06/87	159	141
273	17/06/87	160	149
279	19/06/87	147	152
281	23/06/87	171	158
286	27/06/87	167	159
287	29/06/87	162	163



N= 200 (Kg/cm²)
 G= 3787
 V= 13.57 %

PRODUCTOS BAL S.A.

gráfica de resistencia de cilindros
 de concreto suministrado.

obra: **COMETRO**

laboratorio bal, s.a. planta no. 3
 México D.F. agosto de 1987

5.5 Control de producción.

Para dar por concluida la exposición correspondiente a este capítulo, es imprescindible mencionar que la calidad de cualquier producto, en este caso concreto premezclado; debe ser valuada en el momento de su elaboración es decir; durante la etapa de producción apoyándose para ello en los ensayos de comprobación y controles estadísticos, como ya se ha dicho la fabricación de concreto en una planta consiste en reproducir las características de una mezcla previamente diseñada en laboratorio.

El control de calidad del concreto implica entonces en tratar de conseguir que dicha reproducción se lleve a cabo -- con el mayor apego posible al original; la importancia que representa el control de producción en una planta premezcladora requiere del control de dos factores fundamentales, los recursos humanos y el equipo utilizado.

Para iniciar con el primero de ellos, se dirá que el personal que labora en las plantas de producción de concreto debe estar lo suficientemente capacitado dentro del alcance de sus funciones para lograr que el producto cumpla con las especificaciones requeridas, esto implica que desde el jefe de planta, laboratoristas, pesadores; operadores de las unidades de transporte y ayudantes en general desarrollen su labor con

la atención y preparación debida para conseguir un producto de óptima calidad. No obstante hay empresas en las cuales no se les da la debida importancia a los programas de capacitación y entrenamiento regulares para mejorar la preparación de la gente.

A continuación se indican las principales actividades que el jefe de planta encargado debe preocuparse por coordinar diario:

Verificar que el laboratorista de planta tome las muestras de los materiales almacenados para conocer las características de los agregados por usar y en función de los resultados obtenidos hacer las correcciones debidas (contaminación y humedad).

Vigilar que el laboratorista prepare un programa de muestreo que será en función del volumen de concreto por surtir, así como ensayar las muestras del concreto endurecido; anotando para ello los resultados en los libros de registro y análisis estadísticos.

Verificar el registro de la entrada de camiones materia- listas para analizar el material antes de permitir que lo descarguen, con el fin de calificar sus características.

Vigilar que el concreto se produzca con las cantidades de materiales óptimas, observando para ello que el pesador -- lleve correctamente las instrucciones en la dosificación correspondiente a cada mezcla. Es importante señalar en este punto que si el concreto sale mejor de lo deseado, el productor sufre por desperdiciar dinero en el consumo de cemento -- o aditivo; y si el concreto sale mal también sufrirá por tener que indemnizar al comprador por haberle vendido un concreto de baja calidad.

Finalmente el otro factor de la producción que requiere el debido control es el correspondiente al equipo empleado en las plantas, las diversas máquinas utilizadas obligan al jefe de planta el mantener en constante verificación y mantenimiento a dichos equipos; ya que una falla en los mismos pueden -- provocar severos problemas que pueden ir desde un atraso en -- la producción hasta el paro total de la misma. Es por ello -- que todas las empresas de concreto cuentan con un taller mecá -- nico, cuyas funciones van desde la reparación de la maquina -- ría hasta la instalación y poner en operación una planta pre -- mezcladora.

Actualmente las empresas premezcladoras cuentan con plan -- tas dosificadoras automáticas, existiendo una gran variedad -- de las mismas; la mayoría de las plantas de la empresa BAL, -- S.A., son del tipo móvil las cuales presentan gran versatili --

dad en su desmonte transporte e instalación nuevamente en - otro sitio donde se desee colocar, ya que el tiempo invertido en dicho proceso es realmente muy corto, aproximadamente tres días para volverla a poner en operación.

Estas plantas están provistas de depósitos con compartimiento separado para el cemento, agua y para cada uno de los agregados utilizados o en su caso una sola tolva para pesar - acumulativamente la grava y la arena; cada compartimento del depósito es marcado y operado en tal forma que la descarga a la tolva pesadora sea eficiente, libre y con una segregación mínima; cuenta con instrumentos de control eléctrico que pueden interrumpir la descarga del material en el momento en que la tolva-báscula contenga la cantidad deseada.

Las básculas para dosificar los ingredientes del concreto en estas plantas pueden ser operadas por medio de mandos - hidráulicos, cuyos valores son observados y controlados mediante una carátula o bien a través de dispositivos eléctricos que registran los pesos medidos en un tablero. Debido a la sensibilidad que tienen estas básculas, deben ser verificadas y calibradas generalmente cada que son reubicadas las - - plantas; la calibración se realiza utilizando taras normalizadas.

La cantidad de agua requerida a la revoltura por peso o

volúmen se mide con la precisión requerida, ya que como se mencionó la planta dosificadora cuenta con un depósito adecuado, el cual esta debidamente conectado mediante tuberías y válvulas que permiten descargar el agua necesaria al equipo mezclador; su medición se realiza también automáticamente mediante instrumentos que se encuentran integrados en el tablero de la planta. Por último, los aditivos se pueden dosificar automáticamente mediante la instalación del depósito que contiene el aditivo a la planta, o bien de forma manual dosificando previamente el aditivo en algún recipiente y posteriormente vertirlo directamente a la olla revolvente cuando se encuentre girando.

El equipo mezclador utilizado comúnmente en la práctica por todas las concreteras lo integran los camiones mezcladores mejor conocidos como ollas revolventes, sus capacidades pueden variar desde tres metros cúbicos hasta diez; en estos equipos es donde se realiza totalmente el mezclado mediante la rotación de la olla que tiene integradas espas o paletas que elevan el material hasta cierto nivel y lo dejan caer sobre el resto del material, provocando un efecto doble de distribución y batido; mejor conocido este método como mezclado por gravedad o caída libre.

Los camiones se colocan debajo de la descarga de la tolva de la planta dosificadora para recibir directamente todas

las cantidades de material que previamente se han medido en peso, a los que se les suele dar un tiempo mínimo de mezclado de tres minutos aproximadamente. Estos equipos requieren de la mayor atención en su mantenimiento ya que los mismos son los que sirven como medio de transporte del concreto para llegar al sitio donde el cliente lo solicite.

En conclusión los beneficios que se obtienen al realizar el control de calidad como debe ser, con personal propio debidamente capacitado y remunerado así como el contar con los servicios de calibración y mantenimiento de los equipos utilizados; son entre otros los siguientes:

- 1.- Progreso en la calidad del concreto.
- 2.- Progreso en el diseño de mezclas
- 3.- Reducción de los costos de producción.
- 4.- Reducción de pérdidas del concreto.
- 5.- Mejoria en la moral de los empleados.

CAPITULO 6

PROBLEMAS COMUNES QUE AFRONTAN LOS PRODUCTORES DE CONCRETO.

Considero necesario no pasar por alto los principales problemas que afectan a los productores de concreto premezclado, tanto en su aspecto económico como en su prestigio que han adquirido a través de los años que llevan dentro del mercado nacional.

Dentro de dichos problemas se pueden distinguir los reclamos más frecuentes que suelen imputar los consumidores a los productores de concreto; las reclamaciones por las bajas resistencias en la verificación del concreto especificado por el consumidor y la falta de material, es decir; falta en el suministro del producto solicitado por el cliente, son las causas más comunes de enfrentamiento que se dan entre productores y clientes.

Como se mencionó en el capítulo 5 de este trabajo, el comprador de concreto generalmente lleva a efecto la verificación del concreto que adquiere al premezclador mediante la adquisición de los servicios profesionales de un laboratorio acreditado, quien se encarga de obtener los resultados de la resistencia a compresión en cilindros representativos del concreto empleado en una obra determinada. Al registrarse en los cilindros ensayados resistencias inferiores a la especificada, el consumidor inmediatamente hace saber al premezclador la mala calidad del producto que se está surtiendo; y solicitando además adoptar las medidas correctivas para solucionar las diferencias en las resistencias del concreto, así como el de efectuar las pruebas pertinentes para asegurar que el concreto adquiera la resistencia debida.

Para atender las necesidades del constructor, las empresas productoras de concreto suelen solucionar este problema apoyandose de la Norma Oficial Mexicana C-155; en primera instancia observan si el número de resultados bajos caé dentro o fuera de los límites -

aceptados por dicha norma. Como se ha mencionado anteriormente, esta norma especifica que cuando la resistencia es la base de aceptación del concreto se acepta que no más del 20% del número de pruebas de resistencia tengan valor inferior a la resistencia especificada $f'c$ requiriéndose un mínimo de 30 pruebas para concreto calidad A. También se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia tengan valores inferiores a la resistencia especificada; requiriéndose un mínimo de 30 pruebas para concreto calidad B.

Cuando el número de resultados de baja resistencia supera los límites aceptados por la NOM-C-155, se lleva a efecto la conciliación entre ambas partes consistentes en resarcir de la mejor manera el problema generado por las bajas resistencias, tomando para ello las medidas necesarias para garantizar la seguridad estructural de la obra.

La primer medida tomada por el productor de concreto consiste en realizar pruebas de esclerómetro en el sitio o sitios donde se reporta una resistencia baja de su concreto; este método generalmente no es muy aceptado por los clientes ya que la mayoría exige la extracción de corazones de concreto para obtener resultados más confiables, finalmente si los resultados de los corazones probados resultan ser desfavorables, confirmando con ello que realmente la resistencia del concreto que se surtió es inferior a la especificada, se toma la decisión de demoler el concreto surtido haciendo la reposición correspondiente del concreto por parte de las empresas premezcladoras.

Por otra parte si el número de resultados inferiores en la resistencia está dentro de los límites aceptados por la NOM-C-155, los productores de concreto también sufren las consecuencias de que el consumidor les quiere pagar concreto de una resistencia inferior a la solicitada solo por el hecho de haberse obtenido

algunos valores abajo de la $f'c$.

La falta de volumen de concreto en la cantidad solicitada por el consumidor es otro de los problemas que continuamente se les imputa a los premezcladores, para atender este problema las empresas productoras de concreto envían a su personal de supervisión, los cuales se encargan de verificar conjuntamente con el cliente la causa o causas posibles que hayan provocado una deficiencia en el suministro. Para la solución de estas diferencias se genera un levantamiento físico del lugar donde quedó colocado el concreto surtido, la mayoría de las ocasiones los premezcladores le demuestran a sus clientes que son improcedentes dichos reclamos.

Normalmente las diferencias de volumen de concreto se presentan porque las cuantificaciones de los residentes de obra se encuentran mal calculadas debido a variaciones en los niveles de pisos y losas, sobreexcavaciones en cimentaciones, anchos y peraltes de trabes, votaduras de cimbra y a una serie de imperfecciones en los procesos de construcción originados por la falta de vigilancia de los residentes sobre el personal a su cargo, es muy común observar que en muchas ocasiones son los maestros de obra quienes solicitan el volumen de concreto requerido para colar.

El no tomar en consideración las imperfecciones en los procesos constructivos por parte de los residentes es lo que provoca un aumento en el volumen de concreto con respecto al originalmente cuantificado. Aunado a lo anterior; hay empresas que no toman en cuenta el desperdicio propio del concreto durante su etapa de --descarga y colocación.

Otro de los problemas que regularmente se presenta en la industria del concreto premezclado es la merma de materiales que suele presentarse en las plantas, este se origina cada mes cuando las empresas realizan sus inventarios de materiales almacenados

en sus diferentes plantas de concreto; dicho problema se detecta cuando se observa que los volúmenes reales almacenados no coinciden con los volúmenes teóricos suministrados que el jefe de la planta tiene registrados, esto refleja que el consumo real de material resulta ser mayor al consumo teórico cuyo dato es obtenido de las tablas de dosificación por usar de acuerdo al tipo de resistencia del concreto que se produzca.

El problema de la merma de materiales suele acarrear grandes pérdidas económicas para una empresa de concreto si no se le da la importancia que requiere, debido a que estos problemas son de tipo interno, para resolver dicha situación las empresas proceden a vigilar más directamente al personal de la planta llegando a los casos extremos de despedir al personal responsable de provocar los daños mencionados. Sin embargo esta solución no es la adecuada ya que como se mencionó en su oportunidad, la mayoría de la gente encargada de la producción de concreto carece de la capacitación suficiente para desempeñar eficientemente sus funciones y mientras el productor responsable no tome en consideración tales necesidades seguirá enfrentándose a este tipo de problemas que tanto daña su utilidad.

Por último diré que uno de los problemas que actualmente está afectando a la industria del concreto premezclado es la marcada contracción que ha tenido la industria de la construcción en estos últimos años dadas las condiciones económicas por las cuales ha venido atravesando nuestro país, este hecho ha provocado una desmedida competencia entre los productores de concreto en su afán de colocar su producto dentro del mercado de consumo tratando además de obtener el mayor número de clientes.

No obstante de que existe una Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado, quien tiene dentro de sus funciones la elaboración del tabulador de precios del concreto en sus

diversas calidades y resistencias producidos por los miembros socios para el área metropolitana de la Ciudad de México, es muy común observar que los precios del concreto difieren de un productor a otro y esto es debido a los descuentos preferenciales que suelen dar los premezcladores a los clientes; estos descuentos varían de una a otra empresa concretera con el objeto de hacer más atractivo su producto para la concertación de un volumen determinado de concreto por parte de los clientes.

Lógicamente que la situación actual favorece a los constructores ya que las alternativas para la elección del concreto premezclado son mayores, sin embargo; la decisión final del constructor para la concertación de un volumen determinado de concreto dependerá de aquel premezclador que le ofrezca el mejor servicio, calidad y precio en su producto.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

Sin duda alguna la fabricación de concreto en las plantas premezcladoras debe cumplir con las normas y especificaciones mínimas establecidas en este trabajo, que como se indicó en un principio son las emitidas por la Dirección General de Normas, asimismo deben ser vigilados y supervisados los aspectos más generales estipulados en este mismo trabajo. Sin embargo debe tenerse presente que en algunos casos estas normas no las cumplen los materiales disponibles en algunas regiones de la República Mexicana donde se pretenda instalar una planta, lo que no debe ser un obstáculo para los profesionales en la producción del concreto premezclado; ya que se debe tener el criterio y la experiencia suficiente para librar dicha clase de obstáculos y preceder a la producción del concreto con los materiales disponibles del lugar.

Con relación a las pruebas del concreto, siempre que sea práctico las conclusiones sobre la resistencia del concreto deben derivarse de un conjunto de ensayos a partir del cual se puede estimar en forma más precisa las características y uniformidad del concreto. Sí se confía demasiado en los resultados de unos cuantos ensayos, las conclusiones que se alcancen pueden ser erróneas.

También es un error concluir que la resistencia de una estructura está en peligro cuando sólo un ensayo no cumple con los requisitos de resistencia especificada; como se indicó en su oportunidad, son inevitables las variaciones casuales y las fallas ocasionales en el cumplimiento de los requisitos de resistencia. Los requisitos de resistencia inflexibles no son realistas y tanto la formulación de especificaciones como la interpretación de los resultados deben basarse en la trayectoria de los resultados más que en los resulta

dos individuales de resistencia; es por esta razón que los conceptos estadísticos indican y tienen tanto valor potencial en el control del concreto.

Algunas personas creen que hacer un control de calidad es simplemente contratar a un laboratorio que tome cilindros, los ensaye y reporte los resultados o que con la misma gente en las obras se haga el proceso y simplemente se observen los resultados; si estos son altos olvidarse de ellos y si son bajos alarmarse inmediatamente, tratando de recordar donde fue colocado ese concreto y de esa forma determinar si se trata de una zona importante y en ese caso proceder a la extracción de corazones para conocer su resistencia.

El proceso anterior es totalmente absurdo, en primer lugar se deben definir antes de empezar una obra; cuales son las especificaciones de calidad, luego determinar como se controlará su cumplimiento y analizar el costo que esto implica; posteriormente controlar el personal que realiza el muestreo, el ensaye e interpretación de resultados. En general es aconsejable hacer un número suficiente de ensayos de tal forma que cada tipo diferente de concreto colocado durante cada día este representado por lo menos por dos especímenes cilíndricos estándar de 15 por 30 cms. para ensayarse a 28 días o a edades más tempranas dependiendo del tipo de cemento.

Así mismo los especímenes para ensayos de comportamiento deben tomarse durante la colocación del concreto, y deben hacerse especímenes compañeros para lograr mayor precisión y para establecer responsabilidades entre productores y clientes.

Es por ello que la intención de este trabajo tiene como finalidad hacer extensiva la importancia que se le debe dar al control de calidad no solamente del concreto premezclado, si no de

todos los materiales utilizados en las diversas obras que involucran a la ingeniería civil; con la ayuda y participación de supervisores de obra, constructores y productores de los materiales de construcción, todo ello para el logro de una mejoría en la calidad de las obras tratando de alcanzar la excelencia de las mismas.

Por lo tanto como conclusión final, yo recomendaría que cada uno de los profesionales que participan directamente en el lugar donde se erigen las construcciones; se ocuparan de conocer detalladamente las normas y especificaciones de construcción estipuladas para cada una de las actividades indicadas en los programas de obra. Ya que es muy notorio observar en las obras que un residente o supervisor de obra solicite el rechazo de una olla de concreto premezclado por la sencilla razón de no haber dado el revenimiento especificado al hacer una sola prueba; ejemplos tan sencillos como este solo indican una falta de conocimiento de las normas que han sido revisadas y elaboradas por organismos e instituciones a nivel nacional o internacional.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- A. M. Neville. Properties of Concrete. Great Britain. Ed. Pitman. 1972. (2a. edición).
- 2.- J. Marsal, Raúl. Mazari, Marcos. El Subsuelo de la Ciudad de México. Facultad de Ingeniería. U.N.A.M. (2a. edición).
- 3.- J. Badillo, Eulalio. R. Rodríguez, Alfonso. Mecánica de Suelos. Tomo I. México. Ed. Limusa. 1980. (3a. edición).
- 4.- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Control de Calidad del Concreto. ACI - 704. IMCYC. México. 1974.
- 5.- Secretaría de Recursos Hidráulicos. Manual del Concreto. Tomo I, II, y III. México. 1970.
- 6.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas.

Norma Oficial Mexicana C - 1. Cemento Portland.

Norma Oficial Mexicana C - 2. Cemento Portland Puzolana.

Norma Oficial Mexicana C - 59. Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico empleando el Aparato de Vicat.

Norma Oficial Mexicana C - 73. Método de Prueba para la determinación de la Masa Volumétrica de los Agregados para Concreto.

Norma Oficial Mexicana C - 88. Determinación de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino.

Norma Oficial Mexicana C - 111. Agregado para Concreto.

Norma Oficial Mexicana C - 122. Agua para Concreto.

Norma Oficial Mexicana C - 164. Determinación de la Masa Específica y Absorción de Agua del Agregado Grueso.

- Norma Oficial Mexicana C - 165. Determinación de la Masa Específica y Absorción de Agua del Agregado Fino.
- Norma Oficial Mexicana C - 166. Determinación del Contenido Total de Humedad por Secado.
- Norma Oficial Mexicana C - 200. Aditivos Incluidos de Aire para Concreto.
- Norma Oficial Mexicana C - 255. Aditivos para Concreto.
- Norma Oficial Mexicana C - 155. Concreto Premezclado.
- Norma ASTM C - 151. Expansión en Autoclave del Cemento Portland.
- Norma ASTM C - 109. Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico.
- Norma ASTM C - 204. Finura del Cemento por medio del Aparato de Blaine de Permeabilidad al Aire.