

71



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"REQUERIMIENTOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD  
DEL CONCRETO HIDRAULICO EN LA CONSTRUCCION  
Y SU APLICACION PRACTICA"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**EDUARDO LOPEZ GONZALEZ**



CIUDAD UNIVERSITARIA

2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

PAGINACIÓN

DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/019/02

Señor  
EDUARDO LÓPEZ GONZALEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. HECTOR ALFREDO LEGORRETA CUEVAS, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"REQUERIMIENTOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SU APLICACIÓN PRÁCTICA"**

- I. INTRODUCCIÓN
- RESPONSABILIDADES Y REQUERIMIENTOS DEL LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD
- II. MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
- III. PRUEBAS A LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS
- IV. PRUEBAS AL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO
- V. FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
- VI. ACABADO Y CURADO DEL CONCRETO HIDRÁULICO
- VII. APLICACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 4 marzo 2002.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

	<b>ÍNDICE</b>	IX-1
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	X-1
<b>I.</b>	<b>RESPONSABILIDADES Y REQUERIMIENTOS DEL LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD</b>	
I.I.	Requerimientos	I-1
I.II.	Personal	I-3
I.III.	Instalaciones	I-4
I.IV.	Equipo	I-5
I.V.	Materiales de consumo	I-7
I.VI.	Medio ambiente	I-8
I.VII.	Seguridad	I-9
I.VIII.	Informes de resultados	I-10
<b>II.</b>	<b>MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO</b>	
II.I.	Agregados	II-2
II.I.I.	Arena	II-3
II.I.II.	Grava	II-4
II.II.	Agua	II-6
II.III.	Tipos de Cemento	II-7
II.IV.	Tipos de Aditivos	II-10
<b>III.</b>	<b>PRUEBAS A LOS MATERIALES CONSTITUTIVOS</b>	
III.I.	Propiedades Índice	III-1
III.II.	Propiedades Mecánicas	III-9
III.III.	Pruebas de Desgaste	III-9
III.IV.	Pruebas Químicas	III-11
III.V.	Reportes de Laboratorio	III-12
<b>IV.</b>	<b>PRUEBAS AL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO</b>	
IV.I.	Pruebas al Concreto Fresco	IV-1
IV.II.	Pruebas al Concreto Endurecido	IV-5
IV.III.	Reportes de Laboratorio	IV-11
<b>V.</b>	<b>FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO</b>	
V.I.	Diseño de Mezclas de Concreto	V-1
V.II.	Fabricación de Concreto Hidráulico	V-4
V.III.	Transportación del Concreto Hidráulico	V-10
V.IV.	Colocación del Concreto Hidráulico	V-13
<b>VI.</b>	<b>ACABADO Y CURADO DEL CONCRETO HIDRÁULICO</b>	
VI.I.	Acabado del Concreto Hidráulico	VI-1
VI.II.	Curado del Concreto Hidráulico	VI-6

VII.	APLICACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	VII
	CONCLUSIONES	XI-1
	BIBLIOGRAFÍA	XII-1

## **Introducción**

## INTRODUCCIÓN

En nuestro país, los proyectos de infraestructura, cada día adquieren mayor importancia por su utilidad social, lo que unido al avance de la ciencia y de la tecnología motivan la necesidad de tener personal especializado que integrado en equipos de trabajo fortalezcan la planeación, faciliten la procuración y garanticen, entre otras cosas, la calidad en el producto con el menor costo posible.

De entre los materiales mas usados en la construcción, el concreto es un elemento que habitualmente se utiliza en alguna de las diferentes etapas del proceso y así en el campo de la ingeniería, se ha requerido desarrollar como parte del equipo multidisciplinario, personal especializado para operar el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto, laboratorio mismo, cuyo equipamiento y diversidad de pruebas rutinarias y especializadas están en continua evolución; en la actualidad en este tipo de laboratorio, no solo se verifica la calidad del concreto empleado si no que participa en la exploración y muestreo de los materiales que van a servir para la producción del concreto en obra.

Es objetivo de este trabajo destacar la importancia de que un Laboratorio de Control de Calidad de Concreto con instalaciones adecuadas a la actividad a realizar, equipamiento e insumos suficientes, manejado por personal especializado, da resultados cuyo rendimiento evita riesgos por seguridad personal, intervenciones legales, gastos innecesarios por retrabajos e insatisfacción del cliente.

También se pretende, despejar dudas sobre su existencia y destacar su importancia dentro de la organización y ejecución de los proyectos de construcción.

En el desarrollo del presente trabajo se describirán de manera sencilla los procedimientos de prueba y la manera de cómo trabajar con el concreto hidráulico para mejorar la calidad del mismo.

El orden de aplicación para la ejecución de la descripción en esta tesis, se integra de la siguiente manera:

Capítulo 1, descripción de las responsabilidades y requerimientos del Laboratorio de Control de Calidad de Concreto para tener un funcionamiento óptimo y una participación confiable dentro de los proyectos de construcción con concreto hidráulico.

La descripción de los materiales empleados en la fabricación del concreto hidráulico, se hará en el Capítulo 2.

Los procedimientos de prueba que se ejecutan a los materiales empleados en la fabricación del concreto hidráulico así como las pruebas a este último y los registros de resultados de prueba correspondientes, se presentan en los Capítulos 3 y 4.

En el Capítulo 5, fabricación y colocación del concreto hidráulico, se describe la manera en como se elaboran las dosificaciones de materiales, su fabricación, transporte y colocación de acuerdo a las prácticas recomendadas para cada caso.

El acabado y curado del concreto hidráulico se describen en el Capítulo 6, siendo estas unas de las etapas más importantes a atender por el Control de Calidad.

Una vez establecidos las etapas dentro de la construcción en las que esta involucrado el Control de Calidad del Concreto Hidráulico, en el Capítulo 7 se presenta una aplicación del control de calidad en un proyecto de construcción, realizado en Chiapas, México.

En las conclusiones, se define la importancia del área y como su involucramiento en las necesidades de las obras puede ser significativo y determinante en las decisiones que se tomen.

## **Capítulo I**

# **Responsabilidades y Requerimientos del Laboratorio para el Control de Calidad**

## **I. Responsabilidades y Requerimientos del Laboratorio para el Control de Calidad**

### **I.I. Requerimientos.**

Un Laboratorio de Control de Calidad de Concreto, al cual en el transcurso de la Tesis identificaremos como **LCCC**, es una herramienta de trabajo en la construcción que adquiere, como unidad en constante evolución y mejora continua, múltiples responsabilidades entre las que destacan:

- Ser un área específica que permita dentro del marco jurídico y contractual controlar la calidad del concreto a utilizarse.
- Contar con una organización dinámica de acuerdo a los avances de la ciencia, con instalaciones apropiadas, equipo en perfecta calibración e insumos especializados para identificar las particularidades de los materiales y componentes que conforman el concreto.
- Ser una plataforma de despegue en la implementación e implantación de un Sistema de gestión integral en el que se conjuguen en el proceso la Calidad, Seguridad y cuidado del Ambiente.
- Mantener y actualizar los procedimientos de trabajo de las pruebas con las normas vigentes que apliquen, según el contrato aprobado, e impulsar la investigación de nuevas técnicas o procedimientos en el campo de su competencia.
- Estar permanentemente enterado de leyes, reglamentos y/o normas nacionales o internacionales que garanticen al cliente, que el producto cumple con la normatividad vigente y con el contrato.
- Favorecer la calidad y capacidad de trabajo del personal creando un ambiente laboral con recursos que permitan actuar de forma eficiente, promoviendo la reducción de costos, sin alterar plazos de ejecución, mediante la optimización del uso de los recursos disponibles, eliminando sistemáticamente barreras laborales no aptas para el desarrollo de las actividades del LCCC.
- Respalda el proceso constructivo para su desarrollo en costo y tiempo.

I. Responsabilidades y Requerimientos del Laboratorio para el Control de Calidad.

- Dar Apoyo Técnico oportuno y continuo a aquellos frentes de trabajo en que se realizan actividades que requieren de control de calidad del concreto.
- Contar con una metodología y rutas ágiles de comunicación para compartir los aspectos relevantes, experiencias o lecciones aprendidas de los trabajos con las áreas involucradas,
- Debe de tener y participar con un programa de cursos para capacitación, adiestramiento, concientización y actualización del personal técnico, evaluando periódicamente la capacidad del personal y detectando áreas de oportunidad.
- Coordinar actividades de mantenimiento en el laboratorio y de elaboración del Programa de calibraciones y/o verificaciones.

El Laboratorio de Control de Calidad, bajo cualquier esquema de trabajo seguirá los lineamientos de las normas mexicanas y normas internacionales, para tener el más alto nivel competitivo. En este sentido el personal que integra el Laboratorio se debe comprometer a cumplir con todos los requisitos técnicos, participar en la capacitación y estar dispuestos a involucrarse con el uso de nuevos equipos, técnicas y/o procedimientos.

Es de gran importancia establecer que todo Laboratorio de Control de Calidad del Concreto debe declarar que está libre de presión comercial, financiera o de cualquier otro tipo que pueda influir en los resultados de las pruebas que realiza, por lo que mantiene la **imparcialidad** en sus trabajos, esta declaración debe de ser firmada por todo el personal que integra el Laboratorio y a su vez ser archivada en el expediente del personal.

En la organización y operación del LCCC, no debe existir relación directa entre los técnicos del laboratorio y las áreas que solicitan los servicios, garantizando la plena **independencia** de los trabajos realizados en el Laboratorio.

Adicionalmente, las percepciones de los técnicos que desempeñan su trabajo en el laboratorio deben ser fijas y no incrementarse o reducirse de acuerdo al número o tipo de pruebas realizado durante un periodo determinado, lo que permite garantizar la **integridad** en la realización de los procedimientos de prueba.

## **I. Responsabilidades y Requerimientos del Laboratorio para el Control de Calidad.**

---

Un aspecto importante por atender es, el de la confidencialidad de los resultados obtenidos de las pruebas, vigilándose que sólo tienen acceso a los informes, el técnico del laboratorio que elabora las pruebas, el Jefe de Laboratorio y el encargado de procesar la información.

De acuerdo a la manera en como sea establecido el esquema de trabajo, será la manera en como se integren los registros, pero en cualquier caso, los informes originales de las pruebas se entregan al solicitante del trabajo, y la Jefatura del Laboratorio mantiene bajo su resguardo una copia para poder atender cualquier observación a los resultados de las pruebas.

Dentro de la organización se debe de definir la manera en como se delegará la autoridad y responsabilidades para contar en todo momento con la presencia de un miembro del equipo de trabajo que pueda atender a los clientes del laboratorio.

### **I.II. Personal.**

Como se mencionó con anterioridad el laboratorio debe de contar con una estructura organizacional en donde, cada uno de los puestos, deben de estar identificados y tener funciones y responsabilidades propias para las actividades a desempeña, de tal manera que para cada categoría se puedan justificar los requisitos de escolaridad y experiencia que se requieren para realizar las pruebas.

En cada LCCC se deberá definir el perfil del puesto de sus integrantes de acuerdo a las categorías con las que cuente; es competitivo que tenga como responsable a un Ingeniero Civil, especializado o con amplios conocimientos en el tema, así como contar con personal calificado para fungir como técnico de laboratorio en cada acción a desarrollar.

El tamaño de la plantilla de personal, dependerá de la cantidad de pruebas a realizar y de la magnitud de la obra en la que se participa, de tal manera que se tenga la capacidad de

## I. Responsabilidades y Requerimientos del Laboratorio para el Control de Calidad.

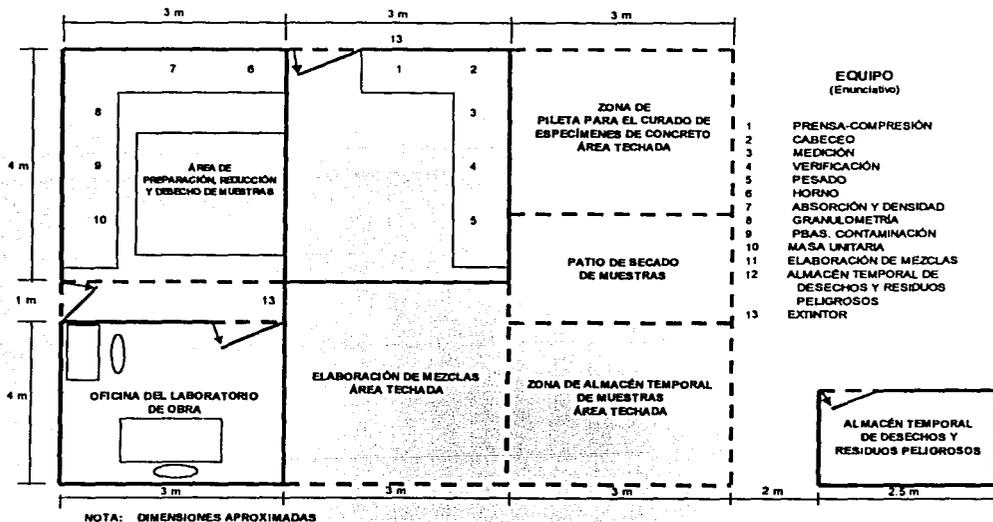
respuesta adecuada con la finalidad de satisfacer las expectativas del cliente y cumplir con las inspecciones, cantidad, oportunidad y pruebas programadas.

Es indispensable integrar los expedientes del personal que participa en las actividades del laboratorio en donde se cuente con la curricula actualizada de cada uno, así como de las evaluaciones, y de los comprobantes de los cursos a los que ha asistido para determinar sus aptitudes, y aprovechar las competencias en la realización de pruebas y aplicación correcta de las técnicas de estudio.

Para mantener la competencia del personal es necesario que se establezca un programa de capacitación, entrenamiento y concientización, a fin de asegurar que el personal ejecuta las pruebas adecuada y uniformemente.

### I.III. Instalaciones.

El siguiente croquis proporciona una idea de la distribución de las instalaciones y áreas requeridas para el desempeño de las actividades del control de calidad del concreto.



La instalación y localización del LCCC deberá de ser seleccionada de manera tal que su posición sea estratégica; en un lugar definido, señalizado, con el objetivo de que sea accesible a quien requiera de sus servicios.

Es necesario que se elabore un croquis, que debe ser colocado a la vista, con las instalaciones con que cuenta el laboratorio, incluyendo la localización del equipo principal, alertando sobre como se aseguran las condiciones de temperatura y humedad relativa que se indican en las normas (p.e. las condiciones de humedad y temperatura para el curado de especímenes de concreto de acuerdo con lo indicado en la norma NMX-C-159-85, humedad no menor al 95% y temperatura  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).

El área del almacén temporal de desechos y residuos peligrosos debe estar confinado, plenamente delimitado, en su construcción estar cubierto, el piso con inclinación a una canaleta preventiva de derrame, identificado, con extintor en la puerta y administrativamente contar con un programa de desalojo de los residuos generados por el área.

#### **I.IV. Equipo.**

Debido a que los resultados de las pruebas dependen en gran parte de los instrumentos y de los equipos, estos deben ser calibrados y/o verificados de acuerdo a las recomendaciones del Sistema Nacional de Calibración (SNC) y a lo establecido en las especificaciones del fabricante.

Cada uno de los equipos deberá contar con un expediente, estableciendo su antecedente e información histórica, en el expediente debe existir, el instructivo de uso, copia de las reparaciones a las que ha sido sometido, indicaciones de mantenimiento, de ser posible copia de la factura, y otros documentos que faciliten su manejo, preservación, mejor utilización y aprovechamiento.



donde:

**No.:** Es el Numero consecutivo de equipo.

**Descripción del equipo:** Es el nombre del equipo.

**Código EMP:** Es el número del Equipo de Medición y Prueba que se asigna a cada equipo, no se repite y es único.

**Código activo:** Esta columna es opcional ya que en algunos laboratorios administrativamente se asignan números de activo fijo al mobiliario y equipo.

**Proveedor o fabricante:** Indica la marca del equipo referido.

**Capacidad máxima:** Es el valor máximo a que se puede dar lectura con el equipo.

**Intervalo:** Indica el rango de lectura especificado por el fabricante.

**Sensibilidad:** Es la unidad de división mínima de lectura que tiene el equipo.

**Calibración o verificación periodo:** Indica con que frecuencia se debe calibrar o verificar el equipo.

**Fecha de adquisición:** Se indica la fecha de compra del equipo para determinar si no se trata de equipo obsoleto o que tenga muchos usos.

**Estatus:** En esta columna se indica si el equipo está en uso, reparación o descompuesto.

**Fecha de calibración actual:** Sirve para conocer cuando se hizo la ultima calibración y corrobora que se encuentre vigente.

**Fecha de calibración próxima:** Se establece la fecha para la que se encuentra programada la próxima calibración.

**Fecha de verificación actual y próxima:** Se sigue el mismo criterio que el de la calibración pero se llena la columna en caso de que el servicio que se haga sea el de verificación.

**Fecha de mantenimiento:** Se determina el periodo de tiempo en el que se debe de dar servicio al equipo ya sea cada vez que se termina de utilizar, diario, semanal, etc.

**Observaciones:** En caso de que se tenga algún comentario al respecto sobre el equipo o algún punto a describir se realiza en esta columna.

La bitácora descrita con anterioridad, no es limitativa y puede ser modificada de acuerdo a las necesidades del laboratorio.

#### **I.V. Materiales de consumo.**

Dentro de las pruebas que se realizan en un laboratorio se requiere de materiales de consumo, éstos se deben emplear en las proporciones indicadas en las normas o especificaciones de prueba, cada recipiente en los que sean contenidos será identificado y almacenado en condiciones óptimas de limpieza para evitar desviaciones por contaminación de las muestras.

De todas las sustancias en uso, se debe tener la Hoja de Seguridad, y esta debe ser del conocimiento de todo el personal ya que define características físico químicas, advierte de riesgos, orienta sobre el manejo de accidentes y entre otras cosas de las acciones inmediatas a seguir ante una contingencia.

Los materiales empleados deben cumplir con las especificaciones requeridas para cada indicación de uso, se debe exigir al proveedor el Certificado de Calidad del producto que contenga los parámetros de aceptación o rechazo y la norma con la que cumplen.

De tal manera, se establece que no se podrán presentar desviaciones, causadas por los materiales auxiliares, a las pruebas que se desarrollan en un LCCC.

#### **I.VI. Medio Ambiente.**

El cuidado del medio ambiente es una razón permanente de existencia y responsabilidad de todos y es por ello, que el manejo de residuos peligrosos se encuentra regulado de manera muy estricta, solo las empresas registradas y certificadas ante la SEMARNAT puede hacer el transporte de estos productos, por lo que además de cumplir con la normatividad, es importante que esta actividad se documente en una bitácora específica, indicando las características y cantidad de los materiales enviados a disposición final.

Si bien es cierto que los vapores de azufre son considerados tóxicos, también es cierto que el desecho del azufre que se genera durante el cabeceo de los especímenes se debe de tratar como residuo tóxico, ya que si desecha en la basura, esta, en muchas ocasiones es quemada sin ningún control, con el grave riesgo de que se generen vapores de azufre; por ello en el laboratorio, el desecho del azufre, se almacena en bolsas de plástico y éstas a su vez, en un tambor de 200 L ubicado en el almacén temporal de residuos peligrosos, para su disposición final. Cabe a destacar que de acuerdo a la norma NOM-ECOL-052-1993 el azufre en forma sólida, no se considera como residuo peligroso,

En caso de generarse estopa o trapos con aceite, estos también son llevados a los depósitos que se tienen dispuestos para este fin en el mencionado almacén.

## **I. Responsabilidades y Requerimientos del Laboratorio para el Control de Calidad.**

---

Para los residuos sólidos (basura) se deben de colocar contenedores especiales para ser recolectados y enviados a los basureros municipales.

Los cilindros de concreto que se ensayan, han llegado ser de utilidad en la delimitación de áreas de trabajo, de circulación, ampliación de instalaciones o formas geométricas ornamentales, aquellos que no puedan ser aprovechados son utilizados como relleno.

Todos los contenedores de desechos del laboratorio, deben ser identificados claramente, indicando su contenido.

### **I.VII. Seguridad.**

El Jefe de Laboratorio se informa con el Jefe de Seguridad Industrial, de los riesgos y medidas que se llevan a cabo durante el desarrollo de las actividades en los frentes de trabajo, para que a su vez informe a su personal de estas medidas y se tomen en cuenta para el trabajo normal del laboratorio.

Es necesario vigilar que el personal del laboratorio además del equipo rutinario de protección personal cuente con el equipo de protección y seguridad durante la ejecución de los muestreos y pruebas así como el realizar las observaciones necesarias para cumplir con todos los requisitos de seguridad establecidos.

El equipo mínimo de seguridad a emplear es casco, guantes y lentes de protección. Para el cabeceo de especímenes es; casco, lentes, mascarilla contra vapores, peto, guantes, antes de iniciar la actividad debe ponerse en funcionamiento la campana extractora de vapores, como es en el caso de la fundición del mortero de azufre.

El laboratorio debe estar dotado de extintores y el personal conocer su manejo con participación en simulacros de primeros auxilios, combate de incendio y acciones de evacuación

**I.VIII. Informes de resultados.**

El LCCC entrega al Responsable del área un registro de las pruebas efectuadas indicando su cumplimiento o incumplimiento con las normas o especificaciones establecidas, el contenido de estos informes es claro, preciso, sin ambigüedades.

Los informes del LCCC, deben contener al menos los siguientes conceptos:

Nombre del cliente o de la obra o proyecto y en su caso número administrativo.

Lugar y fecha de elaboración de la prueba, si la prueba es horaria se integra ese concepto.

Número de control de entrega.

Pruebas ejecutadas.

Resultados de la prueba.

Información relevante para asegurar que los resultados cumplan con las especificaciones correspondientes.

Fecha de emisión del registro.

Nombre y firma de quien elabora, revisa y autoriza el informe.

El jefe del área realiza una supervisión constante del proceso para garantizar su calidad, en el supuesto caso de detectarse desviaciones, estas son corregidas de inmediato, documentando claramente la operación.

El registro de cada una de las actividades servirá para retroalimentar el programa de capacitación, entrenamiento y concientización del personal, para en un intento de mejora continua, fortalecer los procesos y garantizar la confiabilidad del LCCC.

## **Capítulo II**

# **Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico**

## II. Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico

El concreto es una mezcla compuesta básicamente por dos elementos:

- Agregados (grava y arena)
- y pasta (cemento, agua y aire atrapado),

quienes en reacción química, que se describe en el inciso II.III, forman una masa de elevada consistencia y resistencia que según su uso puede ser modificada.

Generalmente los agregados se dividen dos grupos: finos (arena) y gruesos (grava); en tanto que la pasta está compuesta por cemento portland, agua y aire atrapado o incluido intencionalmente.

Comúnmente la variación de las proporciones de los volúmenes totales de los componentes del concreto son los siguientes: agregados del 60 al 75% y pasta del 40 al 25%.

En el caso de un concreto con aire incluido, este puede llegar a ocupar hasta el 8% del volumen del concreto.

La calidad del concreto también depende de la calidad de la pasta, por lo que en un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula requiere estar completamente cubierta con pasta, debiendo estar ocupados todos los espacios entre las partículas de agregado.

Debido a que los agregados constituyen del 60 al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante ya que estos deben de constituirse con partículas de resistencia adecuada y que no produzcan deterioro al concreto. Por ello, es necesario que se cuente con una granulometría continua de tamaños de partículas para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua.

En la Figura II-1, se muestran ejemplos de la variación del volumen absoluto de los materiales usados en el concreto.

## II. Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico

El concreto es una mezcla compuesta básicamente por dos elementos:

- Agregados (grava y arena)
- y pasta (cemento, agua y aire atrapado),

quienes en reacción química, que se describe en el inciso II.III, forman una masa de elevada consistencia y resistencia que según su uso puede ser modificada.

Generalmente los agregados se dividen dos grupos: finos (arena) y gruesos (grava); en tanto que la pasta está compuesta por cemento portland, agua y aire atrapado o incluido intencionalmente.

Comúnmente la variación de las proporciones de los volúmenes totales de los componentes del concreto son los siguientes: agregados del 60 al 75% y pasta del 40 al 25%.

En el caso de un concreto con aire incluido, este puede llegar a ocupar hasta el 8% del volumen del concreto.

La calidad del concreto también depende de la calidad de la pasta, por lo que en un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula requiere estar completamente cubierta con pasta, debiendo estar ocupados todos los espacios entre las partículas de agregado.

Debido a que los agregados constituyen del 60 al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante ya que estos deben de constituirse con partículas de resistencia adecuada y que no produzcan deterioro al concreto. Por ello, es necesario que se cuente con una granulometría continua de tamaños de partículas para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua.

En la Figura II-1, se muestran ejemplos de la variación del volumen absoluto de los materiales usados en el concreto.

Las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con agregados pequeños; las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados grandes.

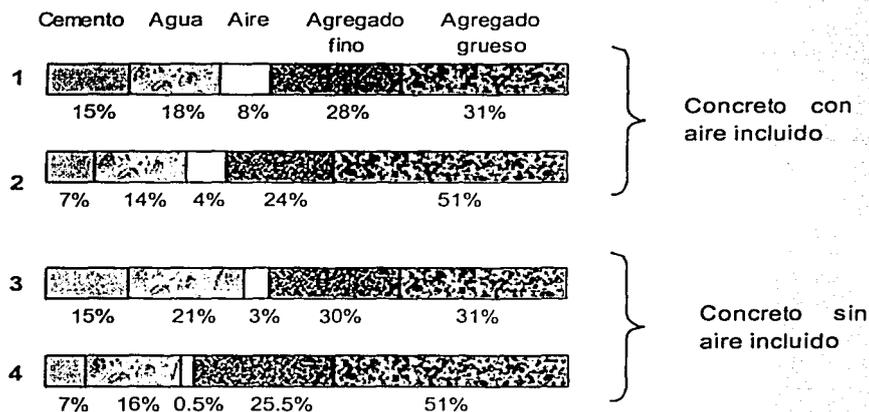


Figura II-1

### II.1. Agregados.

Los agregados que se utilizan en la fabricación del concreto hidráulico deben ser seleccionados adecuadamente, ya que el porcentaje que ocupan del volumen del concreto, influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, situación que a su vez repercute en su costo.

Normalmente los agregados se lavan y son graduados en la mina o planta, sin embargo se puede esperar cierta variación en el tipo y calidad, limpieza, granulometría, contenido de humedad, así como en otras propiedades.

Los agregados, deben cumplir con diversas características para tener un uso óptimo, de tal manera que deben ser partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos o entre otros por recubrimientos de arcilla, razones por las cuales, previo a su uso, los agregados deben ser previamente ensayados.

**II.I.I. Arena.**

Los agregados finos comúnmente son en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 4.75 mm (pasa malla No. 4) y mayores a 75  $\mu\text{m}$  (retiene malla No. 200).

La graduación de la arena debe de encontrarse dentro de los siguientes límites:

<b>Malla</b>	<b>% que pasa en peso</b>
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
0.60 mm (No. 30)	25 a 60
0.30 mm (No. 60)	10 a 30
0.15 mm (No. 100)	2 a 10

Aunque se permite un rango amplio dentro de la granulometría, ésta puede depender de especificaciones particulares que pueden indicar otros límites a seguir. La granulometría del agregado fino dependerá del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla y del tamaño máximo del agregado grueso.

De acuerdo a la norma ASTM C-33, se toman en cuenta los siguientes requisitos:

1. Que el agregado fino no tenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
2. Que el módulo de finura, que se describe en el capítulo III, no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente de abastecimiento del agregado. En el caso de que se sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

## II. Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico.

### II.I.II. Grava.

Los agregados gruesos consisten en una grava o combinación de gravas o agregados triturados, cuyas partículas son predominantemente mayores a 4.75 mm y generalmente entre 9.5 y 37.5 mm.

En la Tabla No. 1 se presentan las granulometrías especificadas por la norma ASTM C-33 en las que pueden existir variaciones moderadas que no afecten el consumo de cemento o agua.

Número de Tamaño	Tamaño nominal (mallas con aberturas cuadradas)		Cantidades menores que pasan cada malla de laboratorios (aberturas cuadradas), por ciento en peso														
			(100 mm) 4 in	(90 mm) 3.5 in	(75 mm) 3 in	(63 mm) 2.5 in	(50 mm) 2 in	(37.5 mm) 1.5 in	(25 mm) 1 in	(19 mm) ¾ in	(12.5 mm) ½ in	(9.5 mm) ¾ in	(4.75 mm) No. 4	(2.36 mm) No. 8	(1.18 mm) No. 16		
1	90	a	37.5	mm	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63	a	37.5	mm			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50	a	25	mm				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50	a	4.75	mm				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30			0 a 5	
4	37.5	a	19	mm				100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	37.5	a	4.75	mm				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25	a	12.5	mm					100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25	a	9.5	mm					100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	25	a	4.75	mm					100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19	a	9.5	mm					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
67	19	a	4.75	mm					100	90 a 100		25 a 55	0 a 10	0 a 5			
7	12.5	a	4.75	mm						100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5			
8	9.5	a	2.36	mm							0 a 15	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

Tabla No. 1 Granulometría de los agregados

El agregado triturado, se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros o grava de gran tamaño.

No basta con que los agregados cumplan con la granulometría y características descritas en las normas, ya que para garantizar un concreto libre de defectos, este debe de cumplir con las diversas pruebas estandarizadas que se tienen para calificar la calidad del concreto.

Independientemente de que la selección del tamaño máximo del agregado depende del uso que se va a dar al concreto se deben de tomar las siguientes recomendaciones para la selección del mismo en donde el agregado no debe de sobrepasar:

1. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
2. Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.

3. Un tercio entre peralte de losas.

Estos requisitos se pueden rebasar si, en opinión del ingeniero, la mezcla tiene trabajabilidad suficiente para colocar el concreto sin que se formen alveolados ni vacíos.

En la tabla No. 2, se especifican las propiedades, importancia y requisitos o características que se reportan de los agregados.

Propiedad	Importancia	Requisito o característica reportadas
Resistencia al desgaste y a la degradación	Índice de calidad del agregado; resistencia al desgaste de pisos y pavimentos	Porcentaje máximo de pérdida de peso. Profundidad de desgaste y tiempo
Resistencia a la congelación y deshielo	Descascaramiento de la superficie, aspereza, pérdida de sección y deformación	Número máximo de ciclos o periodo de inmunidad a la congelación; factor de durabilidad
Resistencia a la desintegración por sulfatos	Sanidad contra la acción del intemperismo	Pérdida de peso, partículas exhibiendo fallas
Forma de la partícula y textura superficial	Trabajabilidad del concreto en estado fresco	Porcentaje máximo de partículas planas y elongadas
Granulometría	Trabajabilidad del concreto en estado fresco; economía	Porcentaje máximo y mínimo que pasa las mallas especificadas
Peso volumétrico o densidad en masa	Cálculos para el diseño de mezclas; clasificación	Peso compacto y peso suelto
Peso específico	Cálculos para el diseño de mezclas	_____
Absorción y humedad superficial	Control de calidad del concreto	_____
Resistencia a la compresión y a la flexión	Aceptación del agregado fino cuando otras pruebas fallan	Que la resistencia exceda el 95% de la resistencia lograda con arena purificada
Definiciones de los componentes	Aclarar el entendimiento y la comunicación	_____
Componentes de los agregados	Determinar la cantidad de materiales orgánicos y deletéreos	Porcentaje máximo de los componentes individuales
Resistencia a la reactividad con los álcalis y al cambio volumétrico	Sanidad contra el cambio de volumen	Cambio longitudinal máximo, cantidad y componentes de sílice y alcalinidad

Tabla No. 2

## II.II. Agua.

El agua potable que puede ser empleada para la fabricación de concreto, no debe tener olor o sabor pronunciado. Si hay alguna duda acerca del agua, se pueden efectuar estudios de impurezas y pruebas para determinar si no se presentarán afectaciones en el tiempo de fraguado y de resistencia en morteros.

Si existen excesos en las impurezas, se pueden presentar problemas como la eflorescencia, manchado, corrosión del acero de refuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad del concreto, se describen a continuación algunos de los efectos adversos que las impurezas del agua generan en el concreto:

Los carbonatos y bicarbonatos alcalinos, afectan la velocidad del fraguado del cemento, altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos, afectan la resistencia del concreto por lo que hay que realizar pruebas de tiempo de fraguado y resistencia a los 28 días para conocer sus efectos.

Los cloruros, presentan afectación por corrosión al acero de refuerzo o a los torones de presfuerzo y los sulfatos pueden producir reacciones expansivas y deterioro del concreto.

Cuando se utiliza agua de mar para fabricar concreto simple, se pueden obtener resistencias altas a edades tempranas, pero a edades mayores (después de 28 días) se obtendrán resistencias menores; pudiendo compensarse esta reducción con una modificación de la relación agua/cemento menor, es necesario considerar que el agua de mar no es adecuada para producir concreto reforzado con acero y no deberá usarse en concretos presforzados debido al riesgo de corrosión del refuerzo, particularmente en ambientes cálidos y húmedos esta corrosión es mayor, lo que pone en riesgo la estabilidad de la obra ejecutada.

Las aguas ácidas con valores de pH menores a 3 no son recomendables en su uso ya que propiciarían problemas en la trabajabilidad del concreto, las aguas alcalinas con concentraciones mayores a 0.5% de hidróxido de sodio con relación al peso del cemento, producirán disminución de la resistencia del concreto a los 28 días.

### II.III. Tipos de Cemento.

Los cementos portland, son cementos hidráulicos compuestos principalmente por silicatos de calcio hidráulicos, estos cementos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una pasta de aspecto similar al de una roca; cuando la pasta, se mezcla con los agregados, actúa como adhesivo y une a todas las partículas para formar así al concreto, que es el material más versátil y de más uso en la construcción.

El cemento se obtiene al pulverizar el clínker, que consiste principalmente en silicatos hidráulicos de calcio, aluminatos de calcio, aluminoferritos de calcio y sulfato de calcio (yeso).

En México hasta 1999 se manejaban de acuerdo a las normas NMX-C-001-1980 y NMX-C-175-1969; ocho diversos tipos de cemento, que eran:

- Tipo I Normal
- Tipo IA Normal, inclusor de aire
- Tipo II De resistencia moderada a los sulfatos
- Tipo IIA De resistencia moderada a los sulfatos, inclusor de aire
- Tipo III De alta resistencia a edad temprana
- Tipo IIIA De alta resistencia a edad temprana, inclusor de aire
- Tipo IV De bajo calor de hidratación
- Tipo V De resistencia elevada a los sulfatos

La norma que la sustituye es la NMX-C-414-ONNCCE-1999, en la que se establece que el cemento se identificará por la resistencia mecánica a la compresión, debido a que es la cualidad más importante que busca el usuario -en muchas ocasiones la única- y que regularmente es el parámetro que se define en los proyectos.

II. Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico.

---

Por su tipo, los cementos según la norma vigente se clasifican de la siguiente manera:

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

Por sus características especiales, los cementos son los siguientes

<b>Nomenclatura</b>	<b>Características especiales de los cementos</b>
RS	Resistente a los Sulfatos
BRA	Baja Reactividad Alkali agregado
BCH	Bajo Calor de Hidratación
B	Blanco

II. Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico.

La composición de los tipos de cemento queda definida de la siguiente forma:

Componentes de los cementos<sup>(1)</sup>

Tipo	Denominación	Componentes Principales					Minoritarios <sup>(2)</sup>
		Clinker Portland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos <sup>(3)</sup>	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Portland Ordinario	95 - 100	—	—	—	—	0 - 5
CPP	Cemento Portland Ordinario	50 - 94	—	6 - 50	—	—	0 - 5
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno	40 - 94	6 - 60	—	—	—	0 - 5
CPC	Cemento Portland Compuesto <sup>(4)</sup>	50 - 94	6 - 35	6 - 35	1 - 10	6 - 35	0 - 5
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice	90 - 99	—	—	1 - 10	—	0 - 5
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno	20 - 39	61 - 80	—	—	—	0 - 5

Notas:

- (1) Los valores de la tabla representan el % en masa.
- (2) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.
- (3) Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.
- (4) El cemento portland compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adicione caliza, ya que esta puede ser en forma individual en conjunto con clinker + yeso.

Por su resistencia mecánica a la compresión, los cementos se clasifican en

- Cementos de Resistencia Normal o resistencia mecánica a la compresión a 28 días.

20		30		40
Resistencia a 28 días		Resistencia a 28 días		28 días
mín	máx	mín	máx	mín
más de				
204 kg/cm <sup>2</sup>	408 kg/cm <sup>2</sup>	306 kg/cm <sup>2</sup>	510 kg/cm <sup>2</sup>	408 kg/cm <sup>2</sup>

- Cementos de resistencia Inicial o Temprana o resistencia mecánica a la compresión.

30R		
Resistencia a...		
3 días	28 días	
mín	mín	máx
más de	más de	más de
204 kg/cm <sup>2</sup>	306 kg/cm <sup>2</sup>	510 kg/cm <sup>2</sup>

#### II.IV. Tipos de Aditivos.

Los aditivos son ingredientes del concreto además del cemento portland, del agua y de los agregados que se integran a la mezcla inmediatamente antes del mezclado o durante el mismo. Por su función, se les puede clasificar como:

1. Aditivos inclusores de aire
2. Aditivos reductores de agua
3. Aditivos retardantes

## II. Materiales Empleados para la Fabricación del Concreto Hidráulico.

---

4. Aditivos acelerantes
5. Superplastificantes
6. Aditivos minerales finamente divididos
7. Aditivos diversos, para mejorar la trabajabilidad, la adherencia, a prueba de humedad, impermeabilizantes, para lechareado, formadores de gas, colorantes, inhibidores de la corrosión y ayudas para bombeo.

Debido a que el concreto debe ser trabajable, capaz de dársele acabados, fuerte, durable, etc., estas cualidades frecuentemente se pueden obtener de una manera fácil y económica seleccionando los materiales adecuados sin que se tenga que recurrir a los aditivos; las principales razones del empleo de los aditivos, son:

1. Para reducir el costo de construcción de concreto
2. Para obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que por otros medios
3. Para asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado en condiciones ambientales adversas
4. Para superar ciertas eventualidades durante las operaciones de colado

Independientemente de la consideraciones mencionadas, se debe de tener presente que ningún aditivo de ningún tipo ni en cualquier cantidad se podrá considerar como sustituto de una práctica correcta de colado.

Los aditivos inclusores de aire, se emplean para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto, mejorando drásticamente la durabilidad de los concretos expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo, mejorando la resistencia del concreto.

Los aditivos reductores de agua, se emplean para disminuir la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto con un cierto revenimiento, reducir la relación agua/cemento o para aumentar el revenimiento. No disminuyen la velocidad de pérdida de revenimiento pero en algunos casos puede aumentar lo que afecta

directamente a la trabajabilidad y una disminución del tiempo de colocación. Estos aditivos pueden tener o no efectos en el sangrado del concreto.

Los aditivos retardantes, aminoran la velocidad de fraguado del concreto, se emplean en ocasiones para: compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto, también son útiles para demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales o para retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabados especiales, como puede ser una superficie de agregado expuesto. En ocasiones se presenta una disminución de la resistencia a edades tempranas (uno a tres días).

Los aditivos acelerantes, se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas; esto se consigue debido a que contienen cloruro de calcio ( $\text{Ca Cl}_2$ ) es importante cuidar que la cantidad de cloruro de calcio que se vaya a agregar, no debe de ser mayor de lo necesario para producir los resultados esperados y en ningún caso deberá de exceder el 2% del peso del cemento.

Los aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango, se agregan a los concretos de revenimiento y relación agua/cemento bajos a normales para producir concretos fluidos de alto revenimiento. Este tipo de concreto se emplea en el colado de secciones delgadas, en áreas que tengan el acero de refuerzo cercanamente espaciado o muy congestionado, en colados con tubo tremie (bajo el agua), en concreto bombeable, en las áreas donde los métodos convencionales de consolidación no se puedan emplear o sean poco prácticos y para disminuir los costos de manejo. El concreto fluido puede definirse como aquel concreto que tiene un revenimiento mayor de 19 cm y que todavía conserva sus propiedades cohesivas. Los revenimientos excesivamente altos, mayores o iguales a 25 cm, pueden provocar que el concreto se segregue.

## **Capítulo III**

# **Pruebas a los Materiales Constitutivos**

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos

En el presente capítulo se mencionará el objetivo de cada prueba y el resultado que se espera lograr, proponiéndose en el punto III.V algunos de los registros para el reporte de resultados de las pruebas y el informe final de ellas a la grava y arena, este último contiene la recopilación de los valores obtenidos en las diferentes pruebas.

No se describirá el procedimiento ya que éste existe detalladamente en la norma aplicable.

#### III.I. Propiedades Índice.

##### III.I.I. Muestras de materiales

La obtención de muestras de los materiales a emplear es un factor que influye en el resultado de las pruebas, por ello el muestreador debe contar con el equipo adecuado y encontrarse capacitado para que al tomar la muestra, ésta sea realmente representativa del material en estudio.

Las siguientes conceptos definen el tipo de muestras que se pueden llegar a obtener:

TIPO DE MUESTRA	CONCEPTO
Muestra simple	Cantidad de material que se extrae de un solo sondeo o tamaño, de una sola vez de la fuente de abastecimiento.
Muestra compuesta	Cantidad de material que comprende todas las muestras simples
Muestra parcial	Cantidad de material cuya masa no debe de ser menor a mil gramos y que es obtenida de una muestra simple o compuesta.
Espécimen	Cantidad de material de una muestra reducida y en la cual se van a determinar las características del mismo

La cantidad de material que se muestrea debe ser en cantidad suficiente y en proporción con las pruebas que se vayan a realizar, respetando las recomendaciones que se realizan

---

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

---

en las normas de prueba particulares de cada ensaye o en las especificaciones del proyecto.

Algunas de las normas a consultar son

NORMA	TÍTULO
NMX-C-030-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-agregados-muestreo
NMX-C-170-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-agregados-reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas
NMX-C-414-1999-ONNCCE	Industria de la construcción-cementos hidráulicos-especificaciones y métodos de prueba.
ASTM D 75-97	Practice for sampling aggregates
ASTM C 702-93	Standard practice for reducing samples of aggregate to testing size

#### III.I.II. Contenido de humedad

El objetivo de esta prueba es determinar la cantidad de agua contenida en la superficie y en los poros de los agregados mediante secado.

Su utilización es múltiple ya que según la técnica que se siga, permite identificar el ajuste de las cantidades de materiales para concreto o para determinar la gravedad específica y la absorción de la grava y de la arena

La norma que aplica es la siguiente:

NORMA	TÍTULO
ASTM C 566-97	Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

#### III.I.III. Granulometría

Se entiende por granulometría a la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas de diferentes tamaños por medio de cribas.

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

---

La prueba permite fundamentalmente definir la graduación de los materiales que se pretenden emplear como agregados o que se utilizan como agregados para concreto, los resultados sirven para comparar la distribución de los tamaños contra los requerimientos de las especificaciones.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-077-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-agregados para concreto-análisis granulométrico-método de prueba
NMX-B-231	Cribas para la clasificación de materiales granulares
ASTM C 136-96a	Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregate
ASTM E 11	Specification for wire-cloth sieves for testing purposes

#### III.I.IV. Módulo de finura (M. F.)

El módulo de finura del agregado fino sirve para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto, el factor es obtenido de la suma de los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie específica de mallas y dividiendo la suma entre 100; las mallas que se emplean son: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50 y No. 100.

Este módulo es un índice de la finura del agregado por lo que entre mayor sea el valor del módulo de finura más grueso será el agregado.

El M. F. de la arena para concreto debe estar comprendida entre 2.3 y 3.1 mientras que para la grava no está restringido el valor.

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

---

La norma que aplica es la siguiente:

NORMA	TÍTULO
ASTM C 125-97	Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates

#### III.I.V. Equivalente de arena

La prueba se emplea para hacer una rápida correlación de campo y determinar bajo condiciones estándar las proporciones relativas de arcilla o finos plásticos en suelos granulares que pasan la malla No. 4 (4.75 mm) . El término de "equivalente de arena" expresa el concepto de que la mayoría de los suelos granulares son mezclas aceptables de grava, arena y generalmente de arcillas o finos plásticos que se consideran perjudiciales.

El valor aceptable para el equivalente de arena es de 80% mínimo, sin embargo, es necesario que se revisen las especificaciones particulares del proyecto en donde se hace referencia a este valor.

La norma que aplica es la siguiente:

NORMA	TÍTULO
ASTM D 2419-91	Standard test method for sand equivalent value of soils an fine aggregate

#### III.I.VI. Gravedad específica y Absorción

La gravedad específica absoluta de un material sólido es la razón entre su masa y la masa de un volumen igual de agua (también se le conoce como densidad, peso específico en masa o peso específico aparente) en condición saturada y superficialmente seca.

Por su parte la absorción es el 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 a el agua que se introduce en los poros del material y no incluye a el agua adherida a la superficie de las partículas.

Generalmente estas características son empleadas para el cálculo del volumen ocupado por el agregado para los análisis de agregados con cemento hidráulico, concreto bituminoso y otras mezclas que son analizadas en volúmenes, la absorción sirve para calcular el cambio en el peso de un agregado por el agua absorbida por los poros con lo que se puede determinar la cantidad de agua potencial que absorberá.

Las condiciones de humedad de los agregados se muestran en la Figura No. III-1 y se designan como:

Estado:	Secado al horno	Secado al aire	Saturado superficialmente seco	Húmedo o mojado
				
Humedad total:	Ninguna	Menor que la absorción potencial	Igual a la absorción potencial	Mayor que la absorción

Figura III-1

- 1) Secado al horno: Completamente absorbentes
- 2) Secado al aire: Secos en la superficie de la partícula pero conteniendo cierta humedad interior, siendo por lo tanto algo absorbentes
- 3) Saturados y superficialmente secos (SSS): No absorben ni ceden agua al concreto
- 4) Húmedos: Contienen un exceso de humedad en la superficie (agua libre)

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NOM-C-164-1986	Industria de la construcción-agregados-determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso
NOM-C-165-1984	Industria de la construcción-agregados-masa específica y absorción de agua del agregado fino-método de prueba
ASTM C 127-88 (Reapproved 1993)	Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate
ASTM C 128-97	Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate

### III.I.VII. Material menor a 75 $\mu\text{m}$ (malla No. 200)

Este método de prueba sirve para separar las partículas menores a 75  $\mu\text{m}$  (malla No. 200) por medio de lavado debido a que es mucho más eficiente que por la vía seca, el procedimiento se debe de realizar previo a la granulometría; el contenido de finos determinado por la prueba debe de estar contemplado dentro de los cálculos que se realizan en la granulometría.

El valor obtenido debe de ser pequeño, en caso de que se obtenga un valor muy alto habrá que de considerar la posibilidad de una mala ejecución de la prueba o la posible degradación del material en estudio.

En la norma NOM-C-111 se indican las siguientes cantidades permisibles de materiales menores a 75  $\mu\text{m}$  (malla No. 200):

Agregado	% máximo de material menor a 75 $\mu\text{m}$ (malla No. 200)	
	Concreto expuesto a la abrasión	Concreto no expuesto a la abrasión
Arena natural	3	5
Arena triturada*	5	7
Grava natural	1	1
Grava triturada*	1.5	1.5

\* El polvo de trituración es menos indeseable que la arcilla y el limo.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-084-1990	Industria de la construcción-agregados para concreto-partículas más finas que la criba F 0.075 (No. 200) por medio de lavado-método de prueba
NOM-C-111-1988	Industria de la construcción-concreto-agregados-especificaciones
ASTM C 117-95	Standard test method for materials finer than 75- $\mu$ m (No. 200) sieve mineral aggregates by washing

### III.I.VIII. Impurezas orgánicas

Usualmente esta prueba solo se realiza a la arena, sirve para efectuar un análisis preliminar de su aceptabilidad para fabricar morteros o concreto hidráulico, el objetivo fundamental de la prueba es de alertar sobre la presencia de cantidades perjudiciales de materia orgánica.

Para la aceptación o rechazo definitivos se requiere el realizar pruebas de resistencia con morteros de cemento hidráulico.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-076-1983	Industria de la construcción-agregados-efecto de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia de los morteros-método de prueba
NMX-C-088-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-agregados-determinación de impurezas orgánicas en el agregado fino
ASTM C 40-97	Standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

---

#### III.II. Propiedades Mecánicas.

##### III.II.I. Masa unitaria suelta y compacta

El volumen ocupado por el material en un recipiente especificado (unidad por volumen) es la masa unitaria

En ocasiones esta prueba se utiliza para determinar el coeficiente de abundamiento que es empleado por algunos métodos de selección de proporciones de materiales para concreto, volumen de producción y de almacenamiento por lo que es necesario que se realicen las pruebas de masa unitaria suelta y compacta.

Debido a que la humedad que contienen los agregados impacta en los resultados de la prueba, es necesario vigilar que la prueba se realice con materiales secos.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NOM-C-073-1990	Industria de la construcción-agregados-masa-volumétrica método de prueba
ASTM C 29/C 29M-97	Standard test method for bulk density ("unit weight") and voids in aggregate

##### III.III. Pruebas de Desgaste.

###### III.III.I. Sanidad o Intemperismo acelerado.

La sanidad o el intemperismo acelerado, es la aptitud de los agregados para resistir y permanecer inalterables, bajo condiciones de servicio que generan acciones destructivas por cambios de volumen en el concreto.

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

---

La prueba proporciona un proceso para realizar una estimación preliminar de la sanidad de los agregados que se emplean en la fabricación de concreto u otros usos. Los valores obtenidos deben de ser comparados con las especificaciones propias del proyecto para calificar al material.

El proceso consiste básicamente en una continua inmersión de los agregados en una solución saturada de sulfato de sodio o sulfato de magnesio seguida de un secado en horno que tiene como finalidad la deshidratación de las sales dentro de los poros de los agregados, la fuerza expansiva interna que se crea debido a la rehidratación de las sales, simula a la del agua debido al congelamiento, lo que proporciona información que ayuda a conocer el comportamiento de los agregados cuando no se tienen datos de su desempeño en las condiciones climatológicas en las que se esta trabajando.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-075-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-agregados-determinación de la sanidad por medio del sulfato de sodio o el sulfato de magnesio
ASTM C 88-90	Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate

#### III.III.II Resistencia a la abrasión (Desgaste de Los Ángeles)

La medida de la degradación de los agregados es el resultado de esta prueba, debido a la combinación de diferentes acciones incluyendo la abrasión, impacto y trituración en un tambor de acero que gira y que en su interior contiene 12 esferas de acero.

Conforme el tambor gira, unas placas internas de acero toman a la muestra de agregados y a las esferas y las acarrear hasta que caen en el lado opuesto del tambor, creándose un efecto de impacto y trituración, este ciclo se repite en varias ocasiones y una vez concluidas las revoluciones programadas, el contenido se saca del tambor, se criba y se mide la degradación como un porcentaje de pérdida en peso.

### III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

---

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NOM-C-196	Industria de la construcción-agregados-resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado usando la máquina de Los Ángeles-método de prueba
ASTM C 535-96	Standard test method for resistance to degradation of large-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

### III.IV. Pruebas Químicas.

#### III.IV.I. Reactividad álcali-agregado

La prueba determina la susceptibilidad de las combinaciones de cemento-agregado que generan reacciones de expansión asociadas a los álcalis (sodio y potasio) que traerán consecuencias indeseables; la expansión del concreto propiciaría agrietamiento lo que afectaría el desempeño del concreto.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NOM-C-180	Industria de la construcción-agregados-determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento por medio de barras de mortero
ASTM C 227-97a	Standard test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combinations (mortar-bar method)

### III.IV.II. Análisis físico – químico del agua

El objetivo de esta prueba es establecer el método de análisis para determinar las características fisicoquímicas de las aguas, diferentes a la potable, que se pretenden utilizar para la fabricación de concreto hidráulico, con la finalidad de conocer su calidad y sus posibilidades de uso en la fabricación y curado del concreto.

La norma que aplica es la siguiente:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-283-1982	Industria de la construcción-agua para concreto-análisis

### III.IV.III. Análisis físico – químico del cemento

La necesidad de determinar si un cemento cumple con las características especificadas por norma, llevan a determinar sus características físicas y químicas como la resistencia normal a los 28 días, determinar el tiempo de fraguado, la estabilidad de volumen, la actividad puzolánica, el contenido de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) la cantidad máxima de Trióxido de Azufre ( $\text{SO}_3$ ) que contiene y demás componentes del cemento hidráulico.

La norma que aplica es la siguiente:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-414-ONNCCE-1999	Industria de la construcción-cementos hidráulicos-especificaciones y métodos de prueba

III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

III.V. Reportes de laboratorio.

A continuación se presentan algunos de los registros que se proponen para el uso en el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto, los cuales pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades y requerimientos que se tengan.

**EMPRESA  
PROYECTO  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO**  
CONTROL DE REGISTRO No. \_\_\_\_\_  
GRANULOMETRÍA POR MALLAS  
(ENSAYE Y CÁLCULO)

OBRA: \_\_\_\_\_ CONTROL DE ENTREGA: \_\_\_\_\_  
 MONTEO: \_\_\_\_\_  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 PROF.: \_\_\_\_\_ m  
 FECHA: \_\_\_\_\_  
 LABORATORISTA: \_\_\_\_\_  
 CALCULISTA: \_\_\_\_\_

PESO INICIAL: \_\_\_\_\_ g  
 GRAVA: \_\_\_\_\_ %  
 ARENA: \_\_\_\_\_ %  
 FINOS: \_\_\_\_\_ %  
 Total: \_\_\_\_\_ %

SE UTILIZARON: \_\_\_\_\_

MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	% PARCIAL	% QUE PASA	MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	% PARCIAL	% QUE PASA
No	(mm)	(g)	(%)	(%)	No	(mm)	(g)	(%)	(%)
5	75	200			20	2.000			
10	150	1000			25	0.840			
15	225	1800			30	0.420			
20	300	2500			40	0.250			
25	375	19050			100	0.149			
30	450	12700			200	0.074			
35	525				FINOS				
4	750				TOTAL				
PARA N° 2									
TOTAL									

DENSIDAD (1) Y ABSORCIÓN (2)		1	2	PESOS VOLUMÉTRICOS		
MASA DEL MATERIAL HUMEDO (g)				SUELTO		
MASA DEL MATERIAL SECO (g)				COMPACTO		
MASA DEL AGUA (g)				MASA DEL MATERIAL + TARA (g)		
VOLUMEN DESALZADO (cm <sup>3</sup> )				MASA DE LA TARA (g)		
DENSIDAD				MASA DEL MATERIAL NETO (g)		
ABSORCIÓN (%)				VOLUMEN (l)		
				MASA LÍQUIDA (g/cm <sup>3</sup> )		

ELABORÓ \_\_\_\_\_ REVISÓ \_\_\_\_\_ AUTORIZÓ \_\_\_\_\_

PROPIEDAD Y DE NEGOCIOS TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO ES ACTIVO/ACCIÓN POR LIBRO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
 MUESTRA DE LA MUESTRA DE REFERENCIA  
 LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO

III.V.1. Registro para análisis granulométrico.

III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

**EMPRESA**  
**PROYECTO**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO**  
**EQUIVALENTE DE ARENA**  
**CONTROL DE REGISTRO No.**

CONTROL DE ENTREGA: \_\_\_\_\_

Obra: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

Tipo de material: \_\_\_\_\_

Muestreada en: \_\_\_\_\_

Muestra No: \_\_\_\_\_

Fecha de muestreo: \_\_\_\_\_

Fecha de prueba: \_\_\_\_\_

Laboratónista: \_\_\_\_\_

Probeta N°	Hora Inicial de saturación	Hora final de saturación	Tiempo de agitado	Hora llenado de probeta	Hora de lectura final	Lectura de arcilla	Lectura de arena	Equivalente de arena %
1								
2								
3								
<i>PROMEDIO</i>								

Los tiempos de saturación serán de 10 minutos  
 Los tiempos de agitado serán de 90 ciclos.  
 Los tiempos de reposo serán de 20 minutos.  
 Todos los tiempos deberán ser exactos

OBSERVACIONES:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fecha de emisión: \_\_\_\_\_

ELABORÓ  <small>(NOMBRE Y FIRMA)</small>	REVISÓ  <small>(NOMBRE Y FIRMA)</small>	AUTORIZO  <small>(NOMBRE Y FIRMA)</small>
--	---	---

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
 MARCA WELLS MUESTRA DE REFERENCIA  
 LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO

III.V.2. Registro para determinar el equivalente de arena

**EMPRESA  
PROYECTO**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO**  
CONTROL DE REGISTRO No.  
**PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO O COMPACTO**

CONTROL DE ENTREGA: \_\_\_\_\_

OBRA :	_____
No. :	_____
SONDEO :	_____
MUESTRA :	_____
PROFUNDIDAD:	_____ m
FECHA :	_____
OPERADOR :	_____
CALCULÓ :	_____

Cilindro N° \_\_\_\_\_

Peso del Cilindro \_\_\_\_\_ g

Volumen del recipiente (V) \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>

Factor del recipiente \_\_\_\_\_

Testigo N°	Cilindro Suelo seco g	Suelo seco (Ws) g	Peso Volumétrico seco (kg/m <sup>3</sup> )
1			
2			
3			
4			
5			
		Peso vol. promedio	

ELABORÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ
---------	--------	----------

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABARCA SOLO LA MUESTRA DE REFERENCIA  
LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO

III.V.3. Registro para la determinación de la masa unitaria suelta o compacta

III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

EMPRESA PROYECTO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO							
Título: <b>INFORME PRUEBAS DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO</b>						Control de registro No:	Formato:
OBRA: _____				PROCEDENCIA: _____			
UBICACIÓN: _____				LUGAR DE MUESTREO: _____			
CONSTRUCTORA: _____				CANTIDAD DE MATERIAL RECIBIDO: _____			
MUESTRA N°: _____				MATERIAL: _____			
FECHA DE MUESTREO: _____				TAMAÑO: _____			

PRUEBA	MÉTODO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES ESPECIFICADOS	PRUEBA	MÉTODO	VALORES OBTENIDOS	LÍMITES ESPECIFICADOS
GRAVEDAD ESPECÍFICA (SSS)				PARTÍCULAS	CARBÓN Y LIGNITO %		
ABSORCIÓN %				LIBERAS	FEDERNAI %		
PESO UNITARIO SUELTO kg / m <sup>3</sup>				PARTÍCULAS FRÍABLES Y TORNONES DE ARCILLA %			
PESO UNITARIO VARILLADO kg / m <sup>3</sup>				INTemperismo ACCELERADO %			
VACÍOS %				COEFICIENTE VOLUMÉTRICO			
MATERIAL MENOR A 0.075 mm %				DESGASTE DE LOS ANGELES %			
ARENA EN LA GRAVA %							
GRAVA EN LA GRAVA %							

**GRANULOMETRÍA**  
% RETENIDOS

MALLA	LIM ACUM		MATERIAL	
	MÍN	MÁX	RET	ACUM
1 1/2"				
1"	0	0		
3/4"	0	10		
1/2"				
3/8"	45	80		
No. 4	90	100		
No. 8	95	100		
CHAROLA				

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MALLAS**

ABERTURA EN mm	% RETENIDO ACUMULADO
1.00	0
1.50	0
2.00	0
2.50	0
3.00	0
3.75 (No. 4)	45
4.75	80
6.00	90
7.50 (No. 8)	95
10.00	100
15.00	100
20.00	100
25.00	100
30.00	100
37.5 (No. 40)	100
47.5	100
60.0	100
75.0	100
100.00	100

REFERENCIAS: DE ACUERDO A LO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE PROYECTO	FECHA DE EMISIÓN:		CONTROL DE ENTREGA
	ELABORÓ	AUTORIZÓ	
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABARCA SOLO LA MUESTRA DE REFERENCIA  
LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO

III.V.4. Formato propuesto como informe final de la calidad de la grava  
para concreto hidráulico

III. Pruebas a los Materiales Constitutivos.

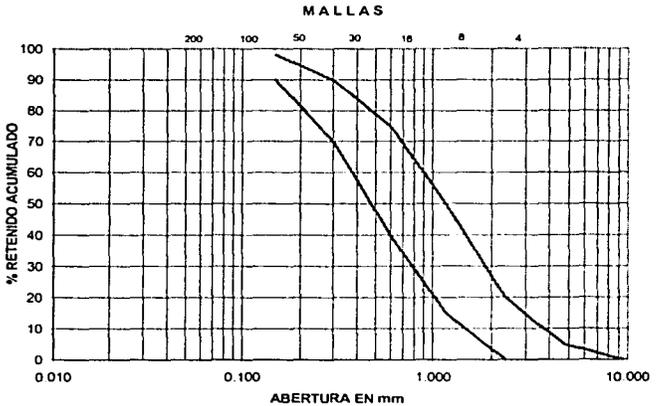
<b>EMPRESA PROYECTO</b>		
<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO</b>		
Titulo: INFORME DE PRUEBAS DE AGREGADO FINO (ARENA) PARA CONCRETO		Formato:

OBRA:	PROCEDENCIA:
UBICACION:	LUGAR DE MUESTREO:
CONSTRUCTORA:	CANTIDAD DE MATERIAL RECIBIDO:
MUESTRA N°:	MATERIAL:
FECHA DE MTRDO:	TAMAÑO:

PRUEBA	METODO	VALORES OBTENIDOS	LIMITE ESPECIFICADOS	PRUEBA	METODO	VALORES OBTENIDOS	LIMITE ESPECIFICADOS
GRAVEDAD ESPECIFICA (SSS)				IMPUREZAS ORGANICAS, COLOR ASTM			
ABSORCION %				PARTICULAS CARBON Y LIGNITO %			
PESO UNITARIO SUELTO kg / m <sup>3</sup>				LIGERAS FEDERNAL %			
PESO UNITARIO VARILLADO kg / m <sup>3</sup>				PARTICULAS FRIABLES Y TERRONES DE ARCILLA %			
VACIOS %				INTEMPERISMO ACELERADO %			
MATERIAL MENOR A 0.075 mm %				ABRASION O DESGASTE DE LOS ANGELES %			
ARENA EN LA ARENA %				EFFECTOS DE IMPUREZAS ORGANICAS SOBRE LA RESIST A COMP SIMPLE	7 DIAS %		
EQUIVALENTE DE ARENA %					28 DIAS %		

**GRANULOMETRIA  
% RETENIDOS**

MALLA	LIM ACUM		MATERIAL	
	MAX	MIN	RET	ACUM
3/8"	0	0		
N°. 4	5	0		
N°. 8	20	0		
N°. 16	50	15		
N°. 30	75	40		
N°. 50	90	70		
N°. 100	98	90		
N°. 200				
CHAROLA				
M.F.	2.3	3.1		



OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

REFERENCIAS: DE ACUERDO A LAS INDICADAS EN LAS ESPECIFICACIONES DE PROYECTO	LUGAR - ELABORO	FECHA DE EMISION AUTORIZO	CONTROL DE ENTREGA
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	FORMATO

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABRACA LAS PRUEBAS DE REFERENCIA  
LOCALIZACION DEL LABORATORIO

III.V.5. Formato propuesto como informe final de la calidad de la arena  
para concreto hidráulico

## **Capítulo IV**

### **Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido**

## **IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido**

El objetivo en el ciclo de pruebas que se presentan, es el describir su utilidad y aplicación; como en el capítulo previo, no se detalla la metodología del procedimiento ya que esta se encuentra desarrollada en la normatividad aplicable para cada uno de los casos.

### **IV.I. Pruebas al concreto fresco.**

#### **IV.I.I. Muestreo de concreto fresco**

Esta actividad debe ser estandarizada para asegurar que esta realizando un muestreo representativo del concreto fresco que se esta suministrando a la obra, la muestra se obtiene de los diferentes contenedores empleados en la fabricación o transportación, la cantidad de ella, debe de ser la suficiente para completar la serie de pruebas a realizar.

Algunas de las normas que aplican son

<b>NORMA</b>	<b>TÍTULO</b>
NMX-C-161-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto fresco-muestreo
ASTM C 172-97	Standard practice for sampling freshly mixed concrete

#### **IV.I.II. Determinación del revenimiento en el concreto fresco**

La prueba se realiza al concreto que tiene un tamaño máximo de agregado menor a 50 mm, esta debe de ser aplicada al concreto plástico y permite medir la trabajabilidad del concreto fresco.

La trabajabilidad es una medida de lo fácil o difícil que resulta colocar, consolidar y darle acabado al concreto por lo cual, esta prueba es quizá de las más observadas y cuidadas cuando se esta desarrollando un proyecto ya que funciona como un indicador del cambio

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

en la consistencia y en las características de los materiales, en las proporciones de la mezcla o en el contenido de agua

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-156-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto-determinación del revenimiento en el concreto fresco
ASTM C 143/C 143M-97	Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete

#### IV.I.III. Temperatura del concreto fresco

Este análisis permite medir la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado. Puede usarse para verificar que el concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura.

La temperatura del concreto influye en el contenido de aire, es decir, conforme aumenta la temperatura, disminuye el contenido de aire y particularmente a medida que aumenta el revenimiento; otro de los aspectos en los que influye es el tiempo de colocación y trabajabilidad ya que al aumentar la temperatura, la pérdida de revenimiento se incrementa lo que ocasiona entre otros problemas dificultad en el transporte, colocación o hasta la generación de juntas frías.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
ASTM C 1064-86 (Reapproved 1993)	Standard test method for temperature of freshly mixed portland cement concrete
NMX-C-155	Industria de la construcción-concreto hidráulico-especificaciones

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

en la consistencia y en las características de los materiales, en las proporciones de la mezcla o en el contenido de agua

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-156-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto-determinación del revenimiento en el concreto fresco
ASTM C 143/C 143M-97	Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete

#### IV.I.III. Temperatura del concreto fresco

Este análisis permite medir la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado. Puede usarse para verificar que el concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura.

La temperatura del concreto influye en el contenido de aire, es decir, conforme aumenta la temperatura, disminuye el contenido de aire y particularmente a medida que aumenta el revenimiento; otro de los aspectos en los que influye es el tiempo de colocación y trabajabilidad ya que al aumentar la temperatura, la pérdida de revenimiento se incrementa lo que ocasiona entre otros problemas dificultad en el transporte, colocación o hasta la generación de juntas frías.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
ASTM C 1064-86 (Reapproved 1993)	Standard test method for temperature of freshly mixed portland cement concrete
NMX-C-155	Industria de la construcción-concreto hidráulico-especificaciones

#### IV.I.IV. Masa unitaria

La masa unitaria es la cantidad de materia contenida en un metro cúbico de concreto fresco ( $\text{kg/m}^3$ ), dentro de las características del concreto es necesario verificar este valor debido a que existen diferentes especificaciones para la masa unitaria del concreto:

- Para el concreto normal los valores aproximados están en un rango de 2080 a 2480  $\text{kg/m}^3$ ,
- Para concreto ligero estructural de 1360 a 1840  $\text{kg/m}^3$ ; de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su artículo 174.
- Para las estructuras clasificadas en el Grupo A y B<sub>1</sub> la masa unitaria debe ser mayor a 2200  $\text{kg/m}^3$  y
- Para las clasificadas en el Grupo B<sub>2</sub> indica valores comprendidos entre 1900 y 2200  $\text{kg/m}^3$ .

Independientemente de los valores mencionados la prueba aporta información que se requiere para calcular el rendimiento del concreto que es el volumen de concreto fresco producido por una cantidad de ingredientes, obteniendo del cociente del valor de la masa total de los ingredientes entre el valor de la masa unitaria del concreto fresco.

NORMA	TÍTULO
NMX-C-155	Industria de la construcción-concreto hidráulico-especificaciones
NMX-C-162-ONNCCE-2000	Industria de la construcción-concreto-determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico
ASTM C 138-92	Standard test method for unit weight, yield, and air content (gravimetric) of concrete

#### IV.I.V. Contenido de aire del concreto fresco

El contenido de aire es el volumen de aire dentro de la pasta de concreto o mortero excluyendo el espacio de los poros en las partículas del agregado, el contenido de aire es expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

El contenido de aire incluido que puede tener el concreto, depende de las siguientes consideraciones:

- 1.) Tipo de estructura,
- 2.) Condiciones climáticas,
- 3.) Número de ciclos de congelación y deshielo,
- 4.) Grado de exposición a los productos descongelantes y
- 5.) Grado de exposición a los sulfatos u otros productos químicos agresivos existentes en los suelos o agua.

En caso de que las especificaciones de proyecto no indiquen el contenido de aire que debe de tener el concreto, el Reglamento de Construcciones de concreto reforzado ACI 318-95, realiza una recomendación al respecto, de acuerdo al grado de exposición al que va a quedar expuesto, la que se presenta en la tabla IV-1.

Tamaño nominal máximo del agregado, mm	Contenido de aire, en porciento *		
	Exposición severa **	Exposición moderada **	Exposición ligera **
10	7½	6	4½
12	7	5½	4
19	6	5	3½
25	6	4½	3
38	5½	4½	2½
50 †	5	4	2
76 †	4½	3½	1½

Tabla IV-1 Contenido de aire del concreto fresco

\* Las especificaciones de proyecto frecuentemente permiten que el contenido de aire del concreto entregado se encuentre dentro de -1 a +2 puntos porcentuales de los valores recomendados en la tabla.

\*\* Se considera exposición severa, al medio ambiente en el cual el concreto queda expuesto a condiciones húmedas de congelación-deshielo, a productos descongelantes o a otros agentes agresivos.

La exposición moderada es el medio ambiente en el cual el concreto queda expuesto el congelamiento pero sin encontrarse siempre húmedo, ni expuesto a el

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

agua durante períodos prolongados antes de que ocurra el congelamiento y no estar en contacto con productos químicos agresivos ni con descongelantes.

La exposición ligera es el medio en el cual el concreto no está expuesto a condiciones de congelación, productos descongelantes o agentes agresivos.

† Estos contenidos de aire son aplicables para toda la mezcla, así como para los tamaños de agregados precedentes. Sin embargo, al ensayar estos concretos, los agregados mayores a 38 mm se retiran manualmente o por cribado, y el contenido de aire se determinará en la fracción de concreto menor de 38 mm. (La tolerancia en el contenido de aire al entregarse se refiere a este valor.) El contenido de aire de toda la mezcla se calcula a partir del valor determinado en la fracción inferior a 38 mm.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-155	Industria de la construcción-concreto hidráulico-especificaciones
NOM-C-157-1987	Industria de la construcción-concreto-determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión
NMX-C-162-ONNCCE-2000	Industria de la construcción-concreto-determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico
ASTM C 138-92	Standard test method for unit weight, yield, and air content (gravimetric) of concrete
ASTM C 231-97	Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method

#### IV.II. Pruebas al concreto endurecido.

##### IV.II.I. Elaboración de especímenes de concreto

La elaboración de los especímenes de concreto es muy delicada, se requiere controlar su preparación ya que la información obtenida de los especímenes cilíndricos, permite revisar varios aspectos como son:

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

- Las proporciones de mezcla del laboratorio de acuerdo a la resistencia obtenida.
- Evaluar la seguridad y comportamiento del concreto en la estructura, como base para la determinación de los requerimientos mínimos de tiempo necesario para descimbrar y retirar puntales.
- Determinar que se cumplan las especificaciones de resistencia y finalmente,
- Decidir cuando la estructura puede entrar en servicio.

Con los especímenes elaborados en el laboratorio se pretende:

- Complementar la información relacionada a mezclas de prueba, para ser empleada posteriormente en obra.
- La evaluación de diferentes mezclas y materiales.
- La correlación con pruebas no destructivas y
- Proveer de especímenes con fines de investigación.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-159-1985	Industria de la construcción-concreto-elaboración y curado en laboratorio, de especímenes
NMX-C-160-1987	Industria de la construcción-concreto-elaboración y curado en obra de especímenes de concreto
ASTM C 31/C 31M-96	Standard practice for making and curing test specimens in the field
ASTM C 192/C 192M-95	Standard practice for making and curing test specimens in the laboratory

#### IV.II.II. Curado de especímenes de concreto

Posterior a la elaboración de los especímenes de concreto, se procede al proceso de curado, iniciando con la protección de las muestras para prevenir la evaporación del agua del concreto fresco, luego se descimbran  $24 \pm 8$  hr después de haberlos elaborado, una vez que han sido identificados y programados para ser ensayados, se deben de mantener en una atmósfera controlada la cual debe de estar a  $23 \pm 2$  °C y una humedad relativa mínima del 95% hasta el momento de la prueba.

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

El curado de los especímenes debe de ser controlado y mantenerse en registros la información de esta actividad, ya que de él depende el desempeño de las muestras, lo que se vincula directamente con la resistencia que se obtenga al final de la prueba.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-159-1985	Industria de la construcción-concreto-elaboración y curado en laboratorio, de especímenes
NMX-C-160-1987	Industria de la construcción-concreto-elaboración y curado en obra de especímenes de concreto
ASTM C 31/C 31M-96	Standard practice for making and curing test specimens in the field
ASTM C 192/C 192M-95	Standard practice for making and curing test specimens in the laboratory

#### IV.II.III. Cabeceo de especímenes de concreto

El cabeceo es la preparación de las bases de los especímenes de concreto, para su prueba, con materiales adheribles, como el mortero de azufre de alta resistencia.

El objetivo de cabecear a los especímenes cilíndricos es el de proporcionar la planeidad y perpendicularidad requeridas que garantice que, la aplicación de la carga en la máquina de ensaye sea axial únicamente.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-109-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto-cabeceo de especímenes cilíndricos
ASTM C 617-94	Standard practice for capping cylindrical concrete specimens

#### **IV.II.IV. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto**

Los resultados obtenidos en este ensayo, dependen del tamaño y forma del espécimen, procedimientos de mezclado y dosificado, método de muestro, la elaboración, edad y condiciones de humedad durante el curado de las muestras, por lo que se debe ser precavido al momento de realizar la interpretación de los resultados del ensayo de los especímenes ya que la resistencia no es un valor intrínseco del concreto que se obtiene de los materiales.

Los resultados de la prueba, se emplean básicamente; en el control de calidad de la fabricación y colocación del concreto, cumplimiento de las especificaciones, control de la efectividad de mezclas de concreto y pruebas de aceptación o rechazo de las mezclas propuestas para ser empleadas en algún proyecto.

Las normas que aplican son las siguientes:

<b>NORMA</b>	<b>TÍTULO</b>
NMX-C-083-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto-determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto
ASTM C 39-96	Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens

#### **IV.II.V. Módulo de elasticidad y relación de Poisson**

La prueba proporciona el valor de la relación entre el esfuerzo y la deformación así como la relación entre las deformaciones lateral y longitudinal del concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado.

Los valores del módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson ( $\mu$ ), solo son aplicables entre el 0 y el 40% de la resistencia última del concreto ya que a valores mayores inicia la deformación inelástica del espécimen de concreto.

#### IV.II.IV. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Los resultados obtenidos en este ensayo, dependen del tamaño y forma del espécimen, procedimientos de mezclado y dosificado, método de muestro, la elaboración, edad y condiciones de humedad durante el curado de las muestras, por lo que se debe ser precavido al momento de realizar la interpretación de los resultados del ensayo de los especímenes ya que la resistencia no es un valor intrínseco del concreto que se obtiene de los materiales.

Los resultados de la prueba, se emplean básicamente; en el control de calidad de la fabricación y colocación del concreto, cumplimiento de las especificaciones, control de la efectividad de mezclas de concreto y pruebas de aceptación o rechazo de las mezclas propuestas para ser empleadas en algún proyecto.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-083-1997-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto-determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto
ASTM C 39-96	Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens

#### IV.II.V. Módulo de elasticidad y relación de Poisson

La prueba proporciona el valor de la relación entre el esfuerzo y la deformación así como la relación entre las deformaciones lateral y longitudinal del concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado.

Los valores del módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson ( $\mu$ ), solo son aplicables entre el 0 y el 40% de la resistencia última del concreto ya que a valores mayores inicia la deformación inelástica del espécimen de concreto.

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

La relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria dentro del intervalo elástico de una curva esfuerzo-deformación unitaria para el concreto define el módulo de elasticidad del concreto.

Cuando un bloque de concreto se le aplica una carga uniaxial, se acorta y al mismo tiempo desarrolla una deformación unitaria lateral o abombamiento. A la relación entre la deformación unitaria lateral y la deformación unitaria axial se le denomina relación de Poisson.

La norma que aplica es la siguientes:

NORMA	TÍTULO
ASTM C 469-94	Standard test method for static modulus of elasticity and Poisson's ratio of concrete in compression

#### IV.II.VI. Resistencia a la flexión del concreto

La resistencia a la flexión también llamada módulo de ruptura, se emplea generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre terreno, esta se obtiene con el ensaye de vigas que son de una sección transversal de 15 x 15 cm para agregados de hasta 2".

Para agregados mayores la dimensión transversal mínima no deberá de ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado, el largo de las vigas deberá ser, por lo menos, tres veces el peralte de la viga más 5 cm, es decir una longitud total de no menos de 50 cm para una viga de 15 x 15 cm.

Al igual que los especímenes cilíndricos, las vigas deben de ser manejadas con precaución de no golpearlas, mantenerlas en curado continuo evitando que previo al ensaye, se encuentren zonas secas debido a que se presentan esfuerzos de tensión que alteran el resultado del ensaye.

#### IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

---

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NOM-C-191-1986	Industria de la construcción-concreto-determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro
ASTM C 78-94	Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)

#### IV.II.VII. Extracción y ensaye de núcleos de concreto

En ocasiones existen dudas o se requiere la comprobación sobre la calidad de un concreto por lo que se procede a la extracción de núcleos de concreto, estos son obtenidos con una perforadora equipada con una broca cilíndrica de pared delgada con corona de diamante equipada con sistema de enfriamiento que permite obtener los núcleos sin alteraciones, la muestra se obtiene una vez que ha endurecido el concreto, de acuerdo a las normas se recomienda que el concreto tenga mas de 14 días para la obtención de los núcleos de prueba. Los núcleos obtenidos deben estar libres de acero de refuerzo ya que se alteraría el resultado.

Las muestras obtenidas, se cuidan de igual manera que los especímenes de concreto, en cuanto a su manejo, curado y cabeceo para su ensaye. Se recomienda que las muestras tengan una relación altura/diámetro igual a 2, pudiendo aceptarse como mínimo una relación de 1, aplicando factores de corrección de resistencia por la relación altura/diámetro indicados en las normas que estén rigiendo las especificaciones de proyecto.

Las normas que aplican son las siguientes:

NORMA	TÍTULO
NMX-C-169-1996-ONNCCE	Industria de la construcción-concreto-obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido
ASTM C 42-94	Standard test method for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete





IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

EMPRESA PROYECTO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD											
VERIFICACIÓN DEL MORTERO DE AZUFRE PARA CABECED						Control de archivo			Formato "####"		
MATERIAL ADQUIRIDO (SI) (NO)					MATERIAL ELABORADO (SI) (NO)						
PROVEEDOR:			REMISIÓN O FACTURA:			AZUFRE:			DOSIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS		
FECHA:			LOTE O CANTIDAD:								
RESISTENCIA DEL MORTERO							COMPOSICIÓN DEL MORTERO				
MUESTRA Nº	DIMENSIONES EN cm		ÁREA EN cm²	EDAD EN HORAS	CARGA APLICADA kg	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN kg/cm²	DEFECTOS DESPUÉS DEL ENSAYE	A	B	C	
	LADO A	LADO B						NASA OPCIONAL DE LA MUESTRA g	MATERIAL DE RESIDUO DESPUÉS DE HONCIÓN g	MATERIALES COMBUSTIBLES %	
ESPECIFICADO:				2		350 MÍNIMO		C= (A-B) / A X 100			
OBSERVACIONES:											
REFERENCIAS ESPECIFICACIONES DE PROYECTO		LUGAR			FECHA DE EMISIÓN			FOLIO CONSECUTIVO No.			
		ELABORO			AUTORIZO			FORMATO No. "####"			
		NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA			CONTROL DE ENTREGA:			

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABARCA LAS PRUEBAS DE REFERENCIA  
DIRECCION

IV.III.3. Formato propuesto para registrar la verificación del mortero de azufre

IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

**EMPRESA**  
**PROYECTO**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**REGISTRO DE TEMPERATURAS DE PILETAS DE CURADO**

SEMANA DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

FECHA	HORA	TEMPERATURA °C PILETA 1				TEMPERATURA °C PILETA 2				TEMPERATURA °C PILETA 3			
		A	B	C	PROM.	A	B	C	PROM.	A	B	C	PROM.
	08:00												
	11:00												
	14:00												
	17:00												
	08:00												
	11:00												
	14:00												
	17:00												
	08:00												
	11:00												
	14:00												
	17:00												
	08:00												
	11:00												
	14:00												
	17:00												
	08:00												
	11:00												
	14:00												
	17:00												
		PROMEDIO				PROMEDIO				PROMEDIO			

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>AUTORIZÓ</b>	<b>CONTROL DE ARCHIVO</b>
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	FORMATO No. "####"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABARCA SOLO LAS MEDICIONES DE REFERENCIA  
DIRECCIÓN

IV.III.4. Formato propuesto para registrar temperaturas de piletas de curado de especímenes de concreto endurecido



IV. Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido.

EMPRESA PROYECTO																			
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD																			
INFORME DE PRUEBAS AL CONCRETO HIDRÁULICO							FORMATO "####"	CONTROL DE ARCHIVO											
OBRA:						DATOS DE PROYECTO													
UBICACIÓN:			CONSTRUCTORA:			RESISTENCIA $f_{cu}$	N° RR	REVENIMIENTO cm	T. M. A. mm										
FECHA DE COLADO:			FRENTE/FRANEO:			PROVEEDOR: REMISION N°:													
MUESTRA N°	LOCALIZACIÓN	MASA UNITARIA FRESCO, kg/m <sup>3</sup>	CONT. DE AIRE %	REVENIMIENTO cm	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, kg/cm <sup>2</sup>														
					DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS	DIAS							

REFERENCIAS:	LUGAR	FECHA EMISIÓN	PRUEBAS	EDAD	FOLIO CONSECUTIVO
ESPECIFICACIONES DE PROYECTO	ELABORO	REVISO	AUTORIZO		FORMATO No. "####"
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		CONTROL DE ENTREGA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABARCA SOLO LAS PRUEBAS DE REFERENCIA  
DIRECCIÓN

IV.III.6. Formato propuesto para reportar las pruebas realizadas al concreto fresco y endurecido

## **Capítulo V**

# **Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico**

## V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico

### V.I. Diseño de mezclas de concreto.

El objetivo que se tiene al realizar el diseño de una mezcla de concreto, es el de determinar la combinación más práctica y económica de los materiales de los que se dispone y obtener un concreto que cumpla con los requisitos de comportamiento bajo las condiciones de uso al que estará sujeto.

Una proporción adecuada de la mezcla, da en el concreto las siguientes propiedades:

1. En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable,
2. En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme y
3. Ahorro en el costo de la fabricación

Previo al diseño de la mezcla, se deben de conocer, seleccionar o definir las características para el uso que se le pretende dar al concreto, sin olvidar que las mezclas de concreto deben de mantenerse lo más sencillas posibles, pues un número excesivo de ingredientes, pueden provocar que la mezcla de concreto sea difícil de controlar. Es necesario indicar que el contenido de cemento debe de mantenerse tan bajo como sea posible pero debe ser suficiente como para poder cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad.

Los variables dentro del diseño de mezclas de concreto que deben de tomarse en cuenta son:

- a) Resistencia
- b) Relación agua/cemento
- c) Agregados
- d) Aire incluido
- e) Revenimiento
- f) Contenido de agua
- g) Contenido de cemento y tipo de cemento
- h) Aditivos

## V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico.

---

Los métodos de proporcionamiento han evolucionado desde el arbitrario método volumétrico (1:2:3 – cemento-arena-grava), de principios del siglo XX, hasta los métodos actuales de peso y de volumen absoluto descritos en la práctica estándar para el proporcionamiento de mezclas de concreto del Comité 211 del Instituto Americano del Concreto; ambos métodos son de fácil aplicación, sin embargo, el recomendable a emplear es el de volúmenes absolutos, que involucra el uso de valores de la densidad de todos los ingredientes para calcular el volumen que ocuparán en la unidad de volumen de concreto cada material.

Es válido que se recurra a dosificaciones ya aplicadas en otros proyectos para uno nuevo haciendo las consideraciones necesarias para satisfacer los requisitos específicos que se tengan establecidos, cabe señalar que para cualquier caso, es necesario que se cuente con datos estadísticos que permitan conocer la variabilidad de la mezcla, así se establece lo siguiente:

- En caso de emplear una dosificación ya usada en otro proyecto, los datos propuestos deberán provenir de un concreto con un  $f'_c$  dentro de 70 kg/cm<sup>2</sup> de la resistencia requerida para el trabajo propuesto.
- Los datos deberán representar al menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen al menos 30 ensayos (un ensayo es la resistencia promedio de dos cilindros tomados de una misma muestra).
- Si se dispone de 15 a 29 ensayos consecutivos, se puede obtener una desviación estándar ajustada, multiplicando la desviación estándar (S) por los 15 a 29 ensayos y por un factor de modificación que se puede tomar de la Tabla V-I. (referida en el Reglamento ACI 318-95)

Número de ensayos *	Factor de modificación para la desviación estándar **
Menos de 15	Use la Tabla V-II
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

**Tabla V-I. Factor de modificación para la desviación estándar, cuando se dispone de menos de 30 ensayos**

\* Interpola para números de ensayo intermedios.

\*\* Desviación estándar modificada, que será usada para determinar la resistencia promedio requerida,  $f'_{cr}$ .

Resistencia a la compresión especificada, $f'_c$ , kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión promedio requerida, $f'_{cr}$ , kg/cm <sup>2</sup>
Menos que 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 85$
Mayor que 350	$f'_c + 100$

**Tabla V-II. Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar**

La desviación estándar o la modificada se utiliza en las Ecuaciones V-1 y V-2.

Para que las proporciones del concreto se consideren aceptables, la resistencia a compresión promedio del registro de pruebas, deberá igualar o rebasar la resistencia a la compresión promedio requerida para el  $f'_{cr}$ . El valor de  $f'_{cr}$  para las proporciones elegidas de la mezcla será igual al mayor de las Ecuaciones V-1 y V-2.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S \quad (V-1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 S - 35 \quad (V-2)$$

donde:

- $f'_{cr}$  = Resistencia a la compresión promedio del concreto requerida como base para la selección de las proporciones del concreto, kg/cm<sup>2</sup>
- $f'_c$  = Resistencia a la compresión especificada en el concreto, kg/cm<sup>2</sup>

## V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico.

---

Para el caso en que no se satisfagan las condiciones anteriores, entonces la mezcla deberá ser proporcionada por medio del método de mezclas de prueba. La mezcla aceptada deberá tener una resistencia a la compresión que satisfaga o rebase a  $f'_{cr}$ . Se deberán probar tres mezclas de prueba, usando tres relaciones agua/cemento distintas, o tres diferentes contenidos de cemento. Entonces se puede graficar una curva de relación agua/cemento vs. resistencia y las proporciones se pueden interpolar a partir de los datos obtenidos.

### V.II. Fabricación de concreto hidráulico.

La dosificación es el proceso de pesar o medir volumétricamente e introducir al mezclador los ingredientes para una mezcla de concreto.

El empleo de un sistema de dosificación por peso suministra una mayor exactitud y simplicidad y evita el problema creado por el abudamiento de las arenas húmedas. Las especificaciones generalmente exigen que los materiales se midan en revolturas individuales con los siguientes porcentajes de precisión:

- Cemento            1%
- Agregados        2%
- Agua                1%
- Aditivos            3%

Los silos de la planta dosificadora y los componentes, deben tener la capacidad adecuada para alimentar eficazmente la capacidad productora de la planta y sus compartimentos deben separar adecuadamente los diversos materiales del concreto.

Los factores que afectan la selección del sistema apropiado de dosificación son:

1. Tamaño de la obra
2. Volumen/hora requerido
3. Normas de rendimiento que se requiere en la dosificación

## V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico.

---

La capacidad de producción de la planta depende de diferentes factores tales como: sistemas de manejo de materiales, tamaño del silo, de la tolva dosificadora y dimensiones y número de mezcladoras de la planta. Los equipos disponibles de dosificación por peso, se clasifican en los grupos siguientes: manual, semiautomático, parcialmente automático y totalmente automático

### V.II.I. Dosificación manual por peso

Para este tipo de funcionamiento, todas las operaciones de pesado y dosificación de los ingredientes del concreto se controlan manualmente, este tipo de plantas son aceptables para trabajos pequeños en los que se manejan volúmenes bajos de dosificación.

### V.II.II. Dosificación semiautomática por peso

En este sistema, las compuertas de las tolvas de los agregados para cargar las tolvas medidoras, se operan manualmente mediante botones o interruptores de presión. Las compuertas se cierran automáticamente cuando el peso estipulado del material se cumple.

### V.II.III. Dosificación automática por peso

La dosificación automática por peso de todos los materiales se maneja por medio de un solo control de mando. Sin embargo, hay interruptores que cortan el ciclo de la dosificación cuando el indicador no ha regresado a  $\pm 0.3\%$  del cero de la báscula o cuando se exceden las tolerancias de peso comentadas con anterioridad.

### V.II.IV. Dosificación automática por peso acumulado

Se requieren controles de interruptores en secuencia para este tipo de dosificación. El pesado no iniciará y se interrumpirá automáticamente cuando se excedan las tolerancias. El ciclo de carga no se activa si alguna de las tolvas de descarga se encuentran abiertas o si hace falta material en alguna de las básculas.

En las Figuras V-1 y V-2, se muestran dos plantas dosificadoras de concreto ubicadas en el mismo sitio, una de ellas funciona de respaldo en caso de que la planta principal presente algún fallo.

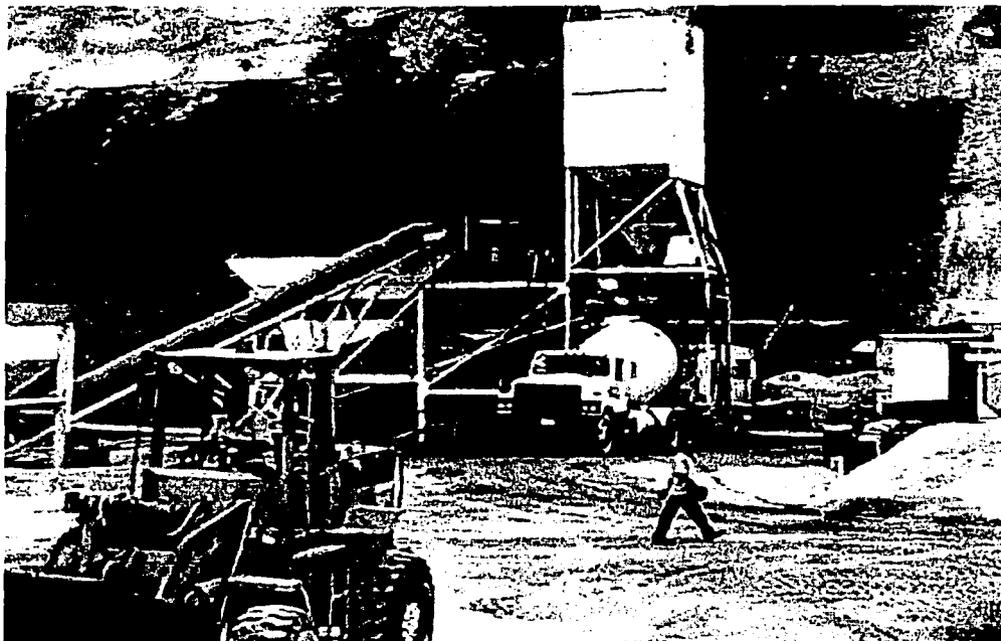


Figura V-1. Vista de planta dosificadora de concreto (ODISA 6000)



Figura V-2. Vista de planta auxiliar de concreto (Fast-way)

Independientemente del equipo que se seleccione para la fabricación de concreto, es necesario que se realice la determinación y compensación de la humedad del agregado, para contar con la medición del total exacto del agua de la mezcla que se obtiene conociendo la variación del contenido de agua en el agregado. El agregado que no esté saturado y superficialmente seco, absorberá agua del mezclado del concreto y por el contrario un agregado que se encuentre húmedo o mojado aportará agua al mezclado; existen medidores de humedad que se instalan en las tolvas de agregados y que compensan automáticamente los pesos del agua y de los agregados por cambios en el contenido de humedad, sin embargo, es recomendable que se empleen en conjunto las pruebas convencionales de control de humedad llevadas regularmente, las que pueden ser herramientas útiles para mantener un control satisfactorio del agua de mezclado calculada.

V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico.

En la Figura V-3, se presenta el formato que sirve de apoyo para el cálculo de las correcciones por contaminación y humedad de los agregados.

<b>EMPRESA</b>									
<b>PROYECTO</b>									
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO									
<b>CÁLCULO DE CORRECCIONES POR CONTAMINACIÓN Y HUMEDAD DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>							Control de archivo No. _____		
OBRA: _____		FECHA DE PRUEBA _____			RESISTENCIA _____		f'c, kg/cm <sup>2</sup>		
UBICACIÓN _____		HORA DE MUESTREO _____			REVENIMIENTO _____		cm		
CONSTRUCTORA _____		CORRECCIÓN No. _____			TMA _____		mm		
FRENTE _____		PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS _____							
PLANTA _____									
PRUEBAS DE HUMEDAD Y CONTAMINACIÓN									
HUMEDAD					CONTAMINACIÓN				
CONCEPTO	ARENA 1	GRAVA <sub>1</sub>	GRAVA <sub>2</sub>	CONCEPTO	ARENA 1	CONCEPTO	GRAVA <sub>1</sub>	GRAVA <sub>2</sub>	
PESO HUMEDO g				PESO INICIAL g		PESO INICIAL g			
PESO SECO g				RETENIDO CRIBA No. 4 g		PASA CRIBA No. 4 g			
PESO AGUA g				CONTAMINACIÓN DE LA GRAVA EN LA ARENA %		CONTAMINACIÓN DE LA ARENA EN LA GRAVA %			
HUMEDAD, %									
CORRECCIONES POR CONTAMINACIÓN									
MATERIALES	PESOS DE		CONTAMINACIÓN	RELACIÓN AL 100 %		9	10	11	MATERIALES
ARENA	1		3	6		1 x 7	2 x 4	9 - 10	11 / 8
GRAVA	2		4	7		2 x 6	1 x 3	9 - 10	11 / 8
SUMA			5 = 3 + 4	8 = 100 - 5					
CORRECCIONES POR HUMEDAD									
MATERIALES	PROPORCIÓN	PESO	HUMEDAD		ABSORCIÓN		PESOS HUMEDOS		
			kg	kg	%	kg			
CEMENTO									
ARENA 1									
GRAVA 1									
GRAVA 2									
AGUA									
SUMA									
DESCRIPCIÓN DEL ADITIVO USADO _____									
CANTIDAD DEL ADITIVO _____									
IMPORTANTE OBSERVACIONES: _____									
HORA DE 0:00 a 24:00 _____									
LLENARSE CON TINTA NEGRA									
REFERENCIA	LUGAR				FECHA DE EMISIÓN		FOLIO CONSECUTIVO		
ASTM C-566	LABORATORIO		CONTROL DE CALIDAD		/ /		No. _____		
ASTM C-136	ELABORÓ		AUTORIZÓ		ENTERADO		FORMATO No. _____		
ASTM C-70							"####"		
NOM C-245							CONTROL DE ENTREGA		
	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA				
PULVERIZA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO MARCA SECU LA COMERCIAL EN REFERENCIA DIRECCIÓN: _____									

Figura V-3. Formato para el cálculo de correcciones por contaminación y humedad de mezclas de concreto hidráulico

V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico.

En la Figura V-4, se presenta el formato que se propone para determinar la uniformidad del concreto, la serie de pruebas que se registran se deben de realizar a todo equipo que se emplea para el mezclado de materiales para concreto hidráulico.

EMPRESA PROYECTO				
INFORME DE PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO			CONTROL DE ARCHIVO No.:	
OBRA:	FECHA DE PRUEBA		f'c	kg/cm <sup>2</sup>
UBICACIÓN:	CAMIÓN PLACAS		REVENIMIENTO:	
CONSTRUCTORA:	No DE OLLA		T.M.A	m/m:
PLANTA:	No ECONOMICO		TIPO DE CONCRETO	
PORCIÓN No:	1	2	DF. MÁXIMA ESPECIFICACIÓN ASTM C-94	OBSERVACIONES
<b>PESO UNITARIO</b>				
PESO DEL RECIPIENTE, g			± 16	
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>				
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO, kg				
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg				
PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>				
DIFERENCIA DE PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>				
<b>CONTENIDO DE AIRE</b>				
AIRE OBTENIDO, %			± 1.0	
DIFERENCIA DE AIRE, %				
<b>REVENIMIENTO</b>				
REVENIMIENTO OBTENIDO, cm				
DIFERENCIA DE REVENIMIENTO, cm				
<b>CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO</b>				
PESO AGREGADO (EN MALLA 4), SSS, kg			±06.00	
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg				
PESO AGREGADO GRUESO, %				
DIFERENCIA EN %				
<b>PESO UNITARIO DE MORTERO</b>				
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg			±01.60	
PESO AGREGADO (MALLA 4), SSS, kg				
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>				
CONTENIDO DE AIRE, %				
DENSIDAD DE GRAVA, SSS				
PESO UNITARIO MORTERO kg/m <sup>3</sup>				
DIFERENCIA EN %				
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (7 DIAS)</b>				
ENSAYE No 1			±07.50	
ENSAYE No 2				
ENSAYE No 3				
PROMEDIO parcial, kg/cm <sup>2</sup>				
PORCENTAJE CON EL PROMEDIO				
DIFERENCIA EN %				
RESULTADO FINAL	PRUEBAS QUE CUMPLEN		DEBEN CUMPLIR 5 DE 6 PRUEBAS	
REFERENCIAS  ASTM C-94	LUGAR		FECHA DE EMISIÓN:	
	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		FOLIO CONSECUTIVO	
	CAPTURÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ	No "####"
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE ENTREGA.

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ABANCA SOL O MUESTRAS DE REFERENCIA  
DIRECCION

Figura V-4. Formato para el informe de pruebas de uniformidad del concreto

### **V.III. Transporte del concreto hidráulico.**

Existen diversas maneras de transportar el concreto, como es en camiones revolvedores, bombas de concreto, camiones de caja fija, bandas transportadoras, etc. el método de transporte que se use, debe entregar eficientemente el concreto en el punto de colocación y sin alterar, significativamente, sus propiedades.

Cada método de transporte tiene sus ventajas sobre los otros como el manejo, capacidad de entrega requerida, colocación, mantenimiento, por lo que la selección de uso debe de ser de manera cuidadosa de acuerdo a las necesidades y además que no afecte la economía del concreto de calidad.

Para la elección del equipo a emplear, se debe de analizar el tipo de trabajo, su tamaño, la cantidad total de concreto por colocar y el programa a cumplir. El estudio de los detalles de la obra, determina además la cantidad de trabajo que se tiene que ejecutar, ya sea por debajo del nivel del terreno, por encima o en el nivel del terreno. Esto ayuda a seleccionar el equipo para el manejo de concreto necesario para colar el concreto en los niveles que se requiera.

Se debe de mover el concreto desde el mezclador hasta el sitio a colar lo más rápidamente posible sin segregación o pérdida de ingredientes. El equipo de transporte y manejo deberá tener la capacidad para mover el concreto en cantidades suficientes a fin de eliminar la posibilidad de que se generen juntas frías.

A continuación se presentan algunas figuras de equipos de transporte de concreto hidráulico y maneras de transportarlo, en donde se puede apreciar que en algunos casos se empleó la combinación de distintos equipos para hacer más eficientes las actividades de transporte.



Figura V-5. Transporte del concreto con bomba de concreto y olla revolvedora



Figura V-6. Transporte de concreto con bomba sobre camión

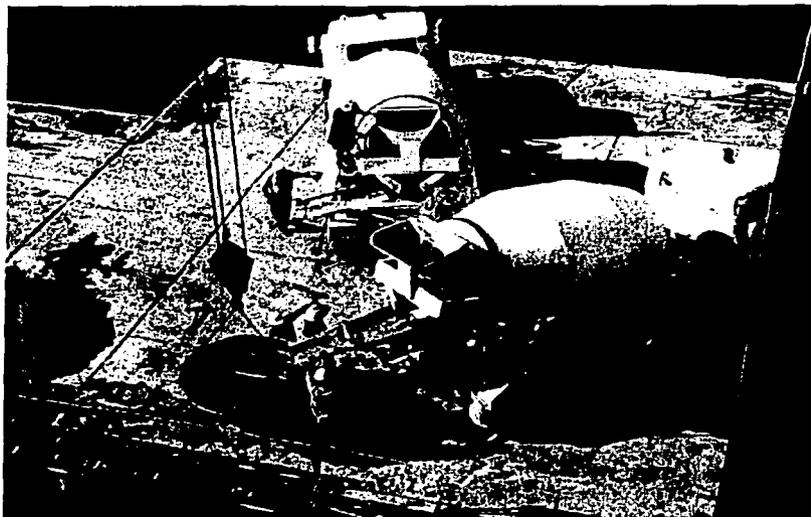


Figura V-7. Transporte de concreto con grúa y bacha



Figura V-8. Transporte de concreto en ollas revolvedoras sobre remolcadores

#### **V.IV. Colocación del concreto hidráulico.**

La colocación del concreto se efectúa con recipientes, tolvas, carretillas propulsadas a mano o motor, conductos o tubos de caída, bandas transportadoras, bombeo, tubo tremie, equipo para pavimentar o el proceso de concreto lanzado.

La planeación de los colados es básica para tener resultados aceptables ya que se debe asegurar un suministro adecuado de concreto. Se debe prever que el concreto se mantenga plástico, tener recursos con suficiente capacidad de colocación, el equipo debe estar en buenas condiciones y que el concreto se entregue en su posición final sin segregación objetable, la mano de obra debe ser la suficiente para asegurar la apropiada colocación, consolidación y acabado; en caso de que las actividades se desarrollen de noche se debe proporcionar un lugar seguro de trabajo y contar con sistema de iluminación eficaz para alumbrar suficientemente el interior de las cimbras.

Es útil y práctico que se cuente con algún tipo de comunicación entre el sitio de colocación y la planta dosificadora a fin de controlar los programas de entrega, evitar retrasos, desperdicios o para comunicar cualquier observación sobre las características del concreto.

El concreto deberá depositarse sin interrupciones lo más cerca posible de su posición final, no se debe voltear el concreto en pilas separadas para después nivelarlo y trabajarlo simultáneamente; tampoco en pilas corridas para después moverlo horizontalmente a su posición final. Tales prácticas producen segregación.

En general, el concreto deberá colocarse en capas sensiblemente horizontales de espesor uniforme, consolidando (compactando) adecuadamente cada capa antes de colar la siguiente. La velocidad de colocación deberá ser lo suficientemente rápida como para que la capa previa de concreto no haya fraguado cuando se coloque encima la nueva capa. Esto evitará recorridos de filtración, fisuras y juntas frías; el espesor que se emplea para elementos reforzados es de 15 a 50 cm y de 38 a 50 cm para trabajos masivos aunque hay que considerar que los espesores también dependerán del ancho entre cimbras y también de la cantidad de refuerzo.

La altura de caída libre del concreto no necesita ser fijada hasta un cierto límite a no ser que ocurra una separación de partículas gruesas, produciendo apanalamientos, en cuyo caso probablemente será adecuado marcar un límite de 0.90 a 1.20 m; aunque es mejor cuando el concreto se cuela a través de aberturas, denominadas ventanas, a los lados de las cimbras altas y estrechas.

Cuando un canalón descarga directamente a través de la abertura, existe el peligro de que se presente segregación, por lo que se deberá emplear un embudo recolector externo para permitir un flujo más suave del concreto, disminuyendo la tendencia a segregarse.

Al elegir el equipo de colocación, se debe de considerar su capacidad para colocar el concreto en el sitio correcto de manera económica y sin alterar su calidad. La selección del equipo es influenciada por el método de producción del concreto; ciertos tipos de equipo, tales como cubetas, tolvas, carretillas, etc., serán mejores para producción intermitente, mientras que otros equipos, como bandas transportadoras y bombas, son mas apropiados para producción continua.

Existen dos tipos de clima que afectan al concreto los cuales son el clima caluroso y el frío por lo que se procederá a identificar cada una de las características que hay que tomar en cuenta para cada una de las condiciones.

#### **V.IV.I. Colocación del concreto en clima caluroso**

De acuerdo al ACI-305, se define al clima caluroso como cualquier combinación de las siguientes condiciones:

- Alta temperatura ambiental.
- Alta temperatura del concreto.
- Baja humedad relativa.
- Velocidad del viento.
- Radiación solar.

El clima cálido puede crear ciertas dificultades en el concreto fresco, como son:

- 1) Mayor avidez de agua.
- 2) Mayor rapidez de pérdida de revenimiento y la tendencia correspondiente a agregar agua en el sitio de la obra.
- 3) Mayor rapidez de fraguado que implica una mayor dificultad con el manejo, compactación y terminado y un mayor riesgo de juntas frías.
- 4) Mayor tendencia al agrietamiento por contracción plástica.
- 5) Mayor dificultad para controlar el contenido de aire.
- 6) La necesidad definitiva de un curado inmediato.

El hecho de agregar agua al concreto en la obra puede afectar adversamente a las propiedades y a la capacidad de servicio del concreto endurecido, teniéndose como efecto:

- a) Una resistencia reducida.
- b) Disminución de la durabilidad e impermeabilidad.
- c) Apariencia no uniforme en la superficie.
- d) Tendencia elevada a la contracción por secado.

Previo al colado en climas cálidos, se deberán seguir ciertas precauciones para conservar o reducir su temperatura. Los mezcladores, canalones, bandas, tolvas, líneas de bombeo y demás equipo para manejar el concreto deberán estar protegidos a la sombra, pintados de color blanco o cubiertos con mantas húmedas para reducir el calor provocado por el sol.

Durante los periodos extremadamente calurosos, se pueden obtener mejores resultados limitando la colocación de concreto a únicamente la madrugada, la tarde o la noche, especialmente en climas áridos.

En este tipo de climas la fabricación, transporte y colocación deberán efectuarse lo más rápidamente posible, se debe de evitar un mezclado prolongado, aún a la velocidad de agitación. Como el concreto endurece con mayor rapidez en los climas cálidos, se deberá tener el cuidado adicional con las técnicas de colado, citadas en párrafos previos, que se vayan a emplear para evitar la formación de juntas frías.

## V. Fabricación y Colocación del Concreto Hidráulico.

---

El clima cálido puede crear ciertas dificultades en el concreto fresco, como son:

- 1) Mayor avidez de agua.
- 2) Mayor rapidez de pérdida de revenimiento y la tendencia correspondiente a agregar agua en el sitio de la obra.
- 3) Mayor rapidez de fraguado que implica una mayor dificultad con el manejo, compactación y terminado y un mayor riesgo de juntas frías.
- 4) Mayor tendencia al agrietamiento por contracción plástica.
- 5) Mayor dificultad para controlar el contenido de aire.
- 6) La necesidad definitiva de un curado inmediato.

El hecho de agregar agua al concreto en la obra puede afectar adversamente a las propiedades y a la capacidad de servicio del concreto endurecido, teniéndose como efecto:

- a) Una resistencia reducida.
- b) Disminución de la durabilidad e impermeabilidad.
- c) Apariencia no uniforme en la superficie.
- d) Tendencia elevada a la contracción por secado.

Previo al colado en climas cálidos, se deberán seguir ciertas precauciones para conservar o reducir su temperatura. Los mezcladores, canalones, bandas, tolvas, líneas de bombeo y demás equipo para manejar el concreto deberán estar protegidos a la sombra, pintados de color blanco o cubiertos con mantas húmedas para reducir el calor provocado por el sol.

Durante los periodos extremadamente calurosos, se pueden obtener mejores resultados limitando la colocación de concreto a únicamente la madrugada, la tarde o la noche, especialmente en climas áridos.

En este tipo de climas la fabricación, transporte y colocación deberán efectuarse lo más rápidamente posible, se debe de evitar un mezclado prolongado, aún a la velocidad de agitación. Como el concreto endurece con mayor rapidez en los climas cálidos, se deberá tener el cuidado adicional con las técnicas de colado, citadas en párrafos previos, que se vayan a emplear para evitar la formación de juntas frías.

Para el colado de muros, se pueden especificar capas poco profundas para asegurar el tiempo suficiente para la consolidación con la colada anterior. Los rompevientos y pantallas para sol provisionales ayudan a minimizar la formación de juntas frías.

#### **V.IV.II. Colocación del concreto en clima frío**

El clima frío se define como un periodo donde, por más de 3 días consecutivos existen las siguientes condiciones:

- 1) La temperatura promedio diaria del aire es menor a 5° C.
- 2) La temperatura del aire no es mayor a 10° C durante más de la mitad de un periodo cualquiera de 24 hr.

El concreto desarrolla muy poca resistencia a temperaturas bajas. Se le deberá de proteger de los efectos nocivos provocados por el congelamiento hasta el momento en que el grado de saturación del concreto se haya reducido lo suficiente debido al proceso de saturación. El periodo en que esta reducción ocurre corresponde aproximadamente al tiempo que el concreto necesita para alcanzar una resistencia a la compresión de 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Un concreto con aire incluido es menos susceptible al daño por congelamiento temprano que un concreto sin aire incluido, sin embargo si el concreto ya ha sido afectado por el congelamiento, se puede restaurar una vez, hasta casi alcanzar su resistencia normal, si se le proporcionan condiciones de curado subsecuentes favorables pero no será tan resistente al intemperismo ni tan hermético como aquel que no se hubiera congelado.



Figura V-9. Colocación de concreto bombeable

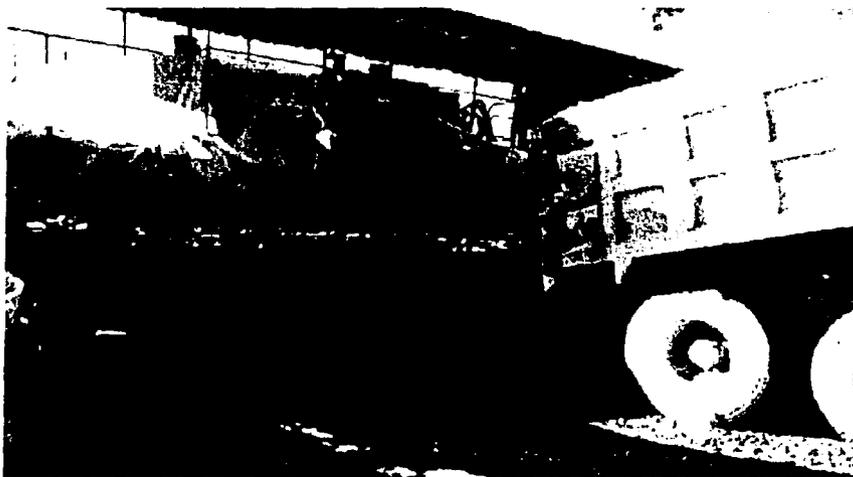


Figura V-10. Colocación de concreto con pavimentadora

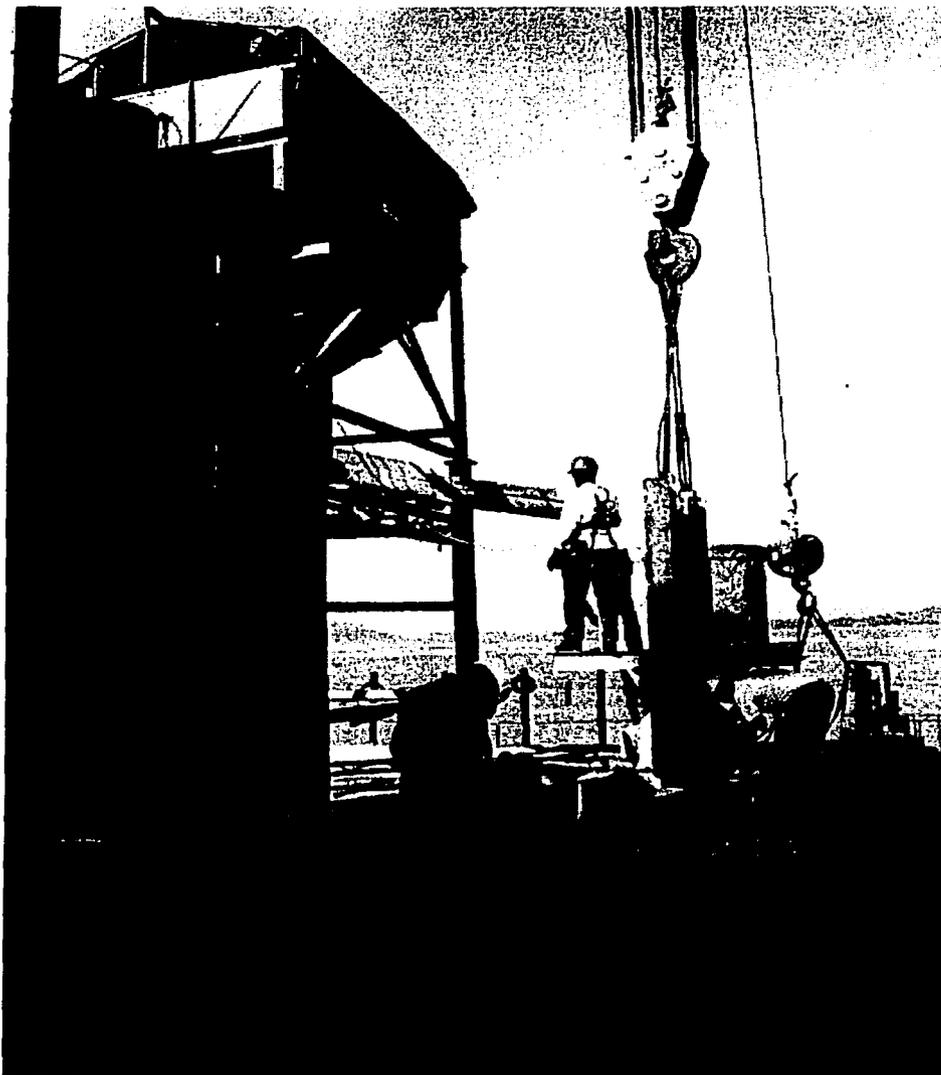


Figura V-11. Colocación de concreto con tubo tremie

### V.IV.III. Compactación del concreto

La compactación o consolidación es el proceso de remover el aire atrapado en el concreto recién colado. Son varios los métodos y técnicas aplicables, la elección depende principalmente de la trabajabilidad de la mezcla, las condiciones de colado y el grado deseado de remoción de aire. Por lo general se emplea alguna forma de vibración la cual se compone de dos etapas; la nivelación del concreto y la deaireación (remoción de las burbujas de aire atrapado).

En general, existen tres métodos de compactación del concreto:

- 1) **Métodos manuales:** Debido a la acción de la gravedad sobre el concreto, se logra cierta compactación al depositarlo en las cimbras. Esto se observa especialmente en mezclas fluidas, para las que se requiere muy poco esfuerzo de compactación adicional. Las mezclas plásticas o más fluidas pueden compactarse mediante varillado (insertando una varilla de apisonamiento u otra herramienta adecuada dentro del concreto.) El apisonamiento manual puede usarse para compactar mezclas muy rígidas, el método de consolidación es efectivo, pero laborioso o costoso.
- 2) **Métodos mecánicos:** Este método es el más empleado en la actualidad, es especialmente adecuado para las consistencias más rígidas, propias de los concretos de alta calidad, el vibrado puede ser interno o externo, se emplean compactadores de potencia, varillas de apisonamiento, equipos de presión estática, centrifugación, vibradores de superficie y mesas de impacto.
- 3) **Aplicación de métodos combinados:** En ciertas condiciones, una combinación de dos o más métodos de compactación proporciona mejores resultados, es posible combinar la vibración interna con la externa con buenos resultados, como en los trabajos prefabricados. También se aplican vibradores para la compactación de rutina y vibradores internos para secciones críticas muy reforzadas o la aplicación de vibración interna y vibración de cimbras para lograr un aspecto requerido en la superficie.

En grandes capas y secciones pesadas, la profundidad máxima de la capa debe ser de un máximo de 50 cm; es preferible que sea casi igual a lo largo de la cabeza del vibrador, las capas deben de estar lo más niveladas posible, para que el vibrador no mueva el concreto hacia los lados, lo que puede causar segregación.

Los defectos más serios que resultan por falta de vibración son el analamiento, huecos excesivos de aire atrapado (cavidades), vetas de arena, agrietamiento por abatimiento y líneas de colado.

En las colocaciones inusualmente difíciles y obstruidas se puede requerir alguna forma suplementaria de vibración; en estas circunstancias se debe de tener cuidado para evitar una operación excesiva de las unidades de vibración que podría causar una débil capa de pasta superficial.

Operarios experimentados y competentes, que trabajen con vibradores con un buen mantenimiento, y con suficientes unidades de reserva, son esenciales para una exitosa compactación del concreto fresco.



Figura V-12. Compactación de concreto

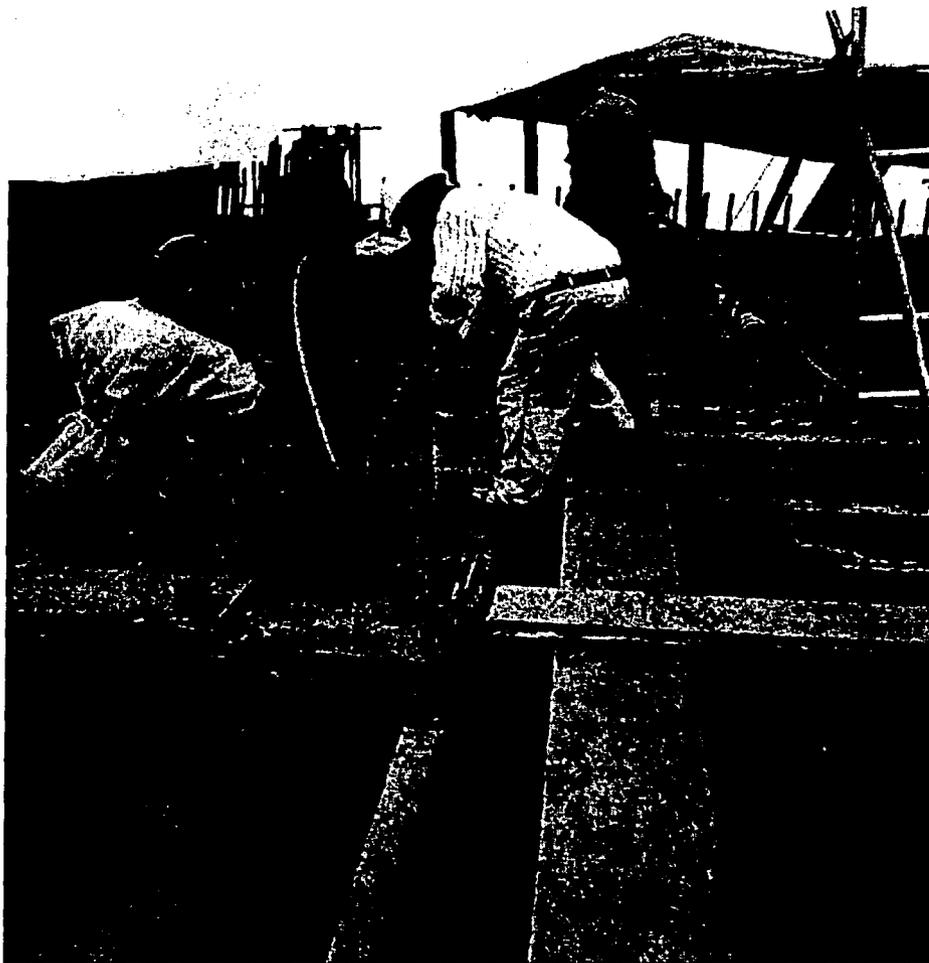


Figura V-13. Compactación de concreto

## **Capítulo VI**

### **Acabado y Curado del Concreto Hidráulico**

## VI. Acabado y Curado del Concreto Hidráulico

### VI.I. Acabado del Concreto Hidráulico.

El proceso de nivelación o enrasado consiste en retirar el exceso de concreto de la superficie superior de una losa para dejarla en el nivel apropiado. La regla para nivelar, de madera o metal, se desliza sobre el concreto con un movimiento de vaivén o de aserrado avanzando una pequeña distancia en cada movimiento. Deberá existir un exceso de concreto contra la cara frontal de la regla para ir rellenando las partes bajas a medida que la regla pase sobre la losa y concluir la antes de que el agua de sangrado se acumule sobre la superficie. Figura VI-1.



Figura VI-1. Nivelación (enrasado) de concreto con regla de madera

Inmediatamente después del enrasado, se usa una alisadora con el propósito de eliminar los puntos altos o bajos de las losas e incrustar las partículas grandes de agregado

teniendo la precaución de no sobretrabajar al concreto porque eso produciría una superficie menos durable.

Aunque en ocasiones no se requiere de un acabado posterior, en la mayoría de las losas el aplanado se complementa con alguna de las siguientes operaciones:

- Bordeado, junteado, emparejado, alisado y/o escobillado.

para poder realizar alguna de esas actividades, es necesario que el concreto esté ligeramente endurecido.

Cuando el brillo del agua de sangrado haya desaparecido y el concreto sostenga la presión provocada por los pies de una persona hundiéndose solamente medio centímetro, se considerará que la superficie esta lista para proseguir con las operaciones de acabado.

Una de las principales causas de la existencia de defectos en la superficie de las losas de concreto, se origina por la aplicación del acabado mientras existe agua de sangrado; ya que su presencia causa graves agrietamientos, levantamiento de polvos y descascamiento, también se podría atrapar el agua de sangrado bajo la superficie terminada produciéndose zonas debilitadas o vacíos que ocasionalmente acabarán en forma de desprendimientos de láminas.

#### **VI.I.I. Bordeado y junteado**

El bordeado se utiliza para densificar y compactar al concreto cercano a la cimbra; en estos lugares el alisado y el emparejado son menos efectivos, con el bordeado se proporciona una mayor durabilidad y una menor vulnerabilidad al descascamiento y a la fragmentación.

El bordeado se debe efectuar a lo largo de todas las orillas de las cimbras y de las juntas de aislamiento y construcción en los pisos y en las losas exteriores, como son: losas de banquetas, calzadas y patios.

## VI. Acabado y Curado del Concreto Hidráulico.

---

Las prácticas adecuadas de junteado pueden eliminar agrietamientos aleatorios de mal aspecto. Las juntas de contracción se hacen con un ranurador manual o insertando dentro del concreto aún sin endurecer tiras de plástico, madera, metal, o algún material preformado para juntas. Cuando se utilizan métodos manuales para formar juntas de control, la operación se efectúa durante la operación de bordeado o justo después de ella. Las juntas de contracción también se pueden hacer en el concreto endurecido utilizando una sierra.

### VI.I.II. Emparejado

Una vez que se ha junteado y bordeado manualmente, el concreto se podrá emparejar con una llana de madera o de metal o con una máquina para acabado que esté equipada con cuchillas para emparejar. Figuras VI-2 y VI-3.



Figura VI-2. Emparejado con llana de madera

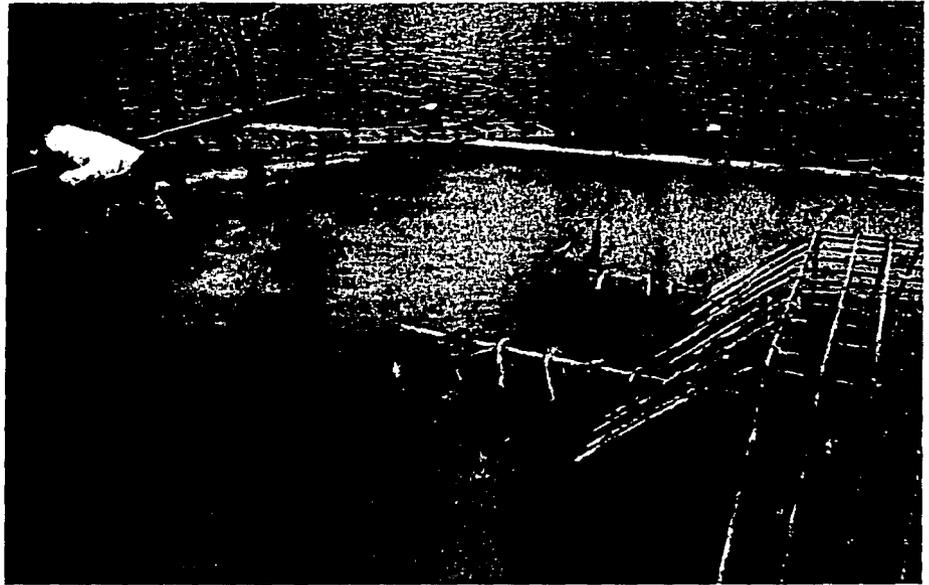


Figura VI-3. Emparejado con llana metálica

El propósito del emparejado se relaciona con tres razones:

- 1) Para insertar las partículas del agregado justo debajo de la superficie;
- 2) Para eliminar pequeñas imperfecciones, salientes y vacíos; y
- 3) Para compactar el mortero en la superficie como preparación de otras operaciones adicionales de acabado.

Las llanas de mano normalmente son de madera o de metal, estas últimas abrevian el trabajo debido a que el rastreado se reduce y la llana se desliza más fácilmente sobre la superficie de concreto, las llanas de madera tienden a adherirse a la superficie, lo que provoca un rasgado del concreto.

### **VI.I.III. Alisado**

Cuando se desea obtener una superficie densa, dura y lisa, el alisado deberá proseguir al emparejado metálico; el alisado no se deberá ejecutar en una superficie que no haya sido emparejada previamente.

Esta operación se debe de retrasar hasta después de que el concreto haya endurecido lo suficiente de tal suerte que el agua y el material fino no se desplacen hasta la superficie, pero cuidando un retraso demasiado prolongado ya que una superficie extremadamente dura dificulta la operación, prolonga el tiempo y eleva el costo.

Por otra parte un emparejado y alisado prematuros pueden ser causa de descascamientos, agrietamientos irregulares o levantamiento de polvos, obteniéndose finalmente una superficie con una resistencia reducida a la abrasión.

El esparcir cemento seco sobre una superficie húmeda para absorber el exceso de agua no es una práctica recomendada ya que puede provocar agrietamientos irregulares.

Para evitar la aparición de manchas de humedad dentro de lo posible, se pueden efectuar ajustes en la granulometría, en las proporciones de la mezcla y en la consistencia del concreto.

### **VI.I.IV. Escobillado**

Se utiliza para producir una superficie resistente contra patinamientos, la actividad se realiza cuando el concreto este endurecido lo suficiente como para retener la impresión del rayado. Figura VI-4

Un rayado tosco; se puede obtener con un rastrillo, cepillo de cerdas de acero o con un cepillo de cerdas de fibra gruesa y rígida, en caso contrario si se requiere de un rayado fino, el concreto se deberá emparejar, alisar hasta lograr una superficie tersa y ya entonces se deberá cepillar con una escoba de cerdas suaves.



Figura VI-4. Rayado de una losa de concreto

#### **VI.I.V. Patrones y texturas**

Se pueden usar una gran variedad de patrones y texturas para producir acabados decorativos; los patrones se pueden formar con tiras divisorias, rayando o estampando la superficie justamente antes de que el concreto endurezca. Las texturas se pueden producir con poco esfuerzo y de manera económica con talochas, llanas y escobas.

Como el tiempo de ejecución de estas operaciones es importante, se hacen mosaicos de prueba para determinar el tiempo adecuado en el que se pueda obtener la textura deseada. Para áreas muy grandes, se puede aplicar un retardante rociándolo o cepillándolo sobre la superficie inmediatamente después del emparejado; en las áreas pequeñas esto puede no ser necesario.

## **VI.II. Curado del Concreto Hidráulico.**

El curado del concreto hidráulico tiene los siguientes objetivos:

- a) Prevenir (o reaprovisionar) la pérdida de humedad del concreto.
- b) Mantener una temperatura favorable en el concreto durante un periodo definido.

Un curado hace que el concreto endurecido sea más fuerte, impermeable, resistente a los esfuerzos, abrasión, congelación y al deshielo.

El curado como veremos mas adelante, consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperatura satisfactorios en el concreto, durante un periodo definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas.

La cantidad de agua de mezclado en el concreto al momento del colado es normalmente más de la que se debe retener para el curado. Sin embargo, la pérdida excesiva de agua por evaporación puede reducir la cantidad de agua retenida a un nivel inferior al necesario para el desarrollo de las propiedades deseadas. El hecho de que no se evite la evaporación excesiva es causa frecuente de grietas por contracción plástica y pérdida de resistencia del material más cercano a la superficie.

### **VI.II.I. Métodos y materiales de curado.**

Existen diversos, métodos y materiales para el curado del concreto, sin embargo todos se resumen a tres circunstancias fundamentales:

- 1) Que se mantenga la presencia de agua de mezclado en el concreto durante el periodo inicial de endurecimiento. Éstos métodos incluyen al estancamiento o inmersión, al rociado y a las cubiertas húmedas saturadas. Estos procedimientos llegan a producir un cierto enfriamiento a través de la evaporación, lo cual es benéfico en climas cálidos.

- 2) Métodos que evitan la pérdida del agua de mezclado del concreto sellando la superficie. Esto se puede lograr cubriendo al concreto con papel impermeable o con hojas de plástico, o aplicando compuestos de curado que formen membranas.
- 3) Métodos que aceleren la ganancia de resistencia suministrando calor y humedad adicional al concreto. Esto se logra normalmente con vapor directo, serpentines de calentamiento, o cimbras o almohadillas calentadas eléctricamente.

El método o combinación de métodos elegido dependerá de factores tales como la disponibilidad de los materiales de curado, el volumen y forma del concreto, las instalaciones de producción (en obra o en planta), la apariencia estética y la economía.

#### **VI.II.II. Estancamiento o inmersión**

En las superficies planas tales como pavimentos y pisos, el concreto se puede curar por estancamiento. Se puede retener el tirante de agua por medio de bordos de arena o de tierra en el perímetro de la superficie del concreto.

El agua de curado no debe ser más fría de 11° C que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos por temperatura en la superficie puede causar agrietamiento.

En obra, este método se emplea rara vez, aunque sea el más completo debido a que todo el elemento de concreto, se encuentra en inmersión total en agua.

#### **VI.II.III. Rociado o aspersión**

La aspersión o rociado continuo con agua es un método excelente de curado cuando la temperatura ambiente es bastante superior a la de congelación; el rociado de niebla o mediante boquillas o aspersores proporciona un curado excelente.

## **VI. Acabado y Curado del Concreto Hidráulico.**

---

Esta acción requiere de una amplia fuente de abastecimiento y de una supervisión cuidadosa ya que si el rociado o la aspersión se hacen por intervalos, se debe de evitar que el concreto se seque entre las aplicaciones de agua y se generen agrietamientos irregulares; también se deben adoptar precauciones para evitar que se presente erosión en el concreto recién acabado.

### **VI.II.IV. Cubiertas húmedas**

Las cubiertas de telas saturadas con agua, como los costales, mantas de algodón, alfombras, tierra, arena o aserrín son usadas comúnmente para el curado ya que son fáciles de adquirir y en algunos casos se pueden reutilizar.

En general estos materiales deben de tener la capacidad de retener la humedad y colocarse tan pronto el concreto haya endurecido lo suficiente como para evitarle daños en su superficie, hay que procurar cubrir toda la superficie incluyendo los bordes de las losas, las cubiertas deberán mantenerse húmedas de manera continua de tal suerte que una película de agua permanezca sobre la superficie durante todo el periodo de curado.

Al mismo tiempo se debe evitar que estas cubiertas contengan sustancias que sean dañinas para el concreto o que lo pueda decolorar.

### **VI.II.V. Papel impermeable**

El papel impermeable para curar al concreto consiste en dos hojas cementadas entre sí unidas por un adhesivo bituminoso con fibras de refuerzo; este tipo de papel, le brinda una cierta protección al concreto contra los daños causados por la actividad constructiva siguiente y contra los rayos solares directos. Para no manchar al concreto se utiliza un color claro. En concretos que queden en el exterior en climas cálidos es preferible usar papeles con superficies superiores de color blanco.

### **VI.II.VI. Láminas de plástico**

Las láminas de plástico tales como los rollos de polietileno, pueden ser empleados para curar al concreto ya que constituyen una barrera efectiva de peso ligero contra la pérdida de humedad y se pueden aplicar fácilmente en cualquier tipo de elemento.

Este tipo de curado puede ocasionar decoloraciones en ciertas zonas, especialmente si el concreto contiene cloruro de calcio y si se ha dado acabado con llana metálica, la decoloración aumenta cuando la película se arruga; una manera de evitar la decoloración es inundar la superficie bajo la cubierta, no obstante, se deberán emplear otros métodos de curado cuando la uniformidad de color sea importante.

### **VI.II.VII. Compuestos para curado formadores de membranas**

Los compuestos líquidos formadores de membranas son fabricados a base de parafinas, resinas, hules clorados y solventes de alta volatilidad, su fórmula debe ser tal, que ayude a formar una película que retenga la humedad poco después de aplicarse y no ser perjudiciales para el concreto.

En ocasiones se les incorporan pigmentos blancos o grises para proporcionarles capacidad de reflejo del calor y para hacer visible el compuesto en la estructura, con fines de inspección.

Estos compuestos no deben emplearse en superficies que vayan a recibir capas adicionales de concreto, pintura o mosaicos que requieran de buena adherencia, a menos que se haya demostrado que la membrana puede retirarse antes de hacer alguna otra aplicación o que no representó ningún problema como base para la aplicación posterior.

Para obtener beneficios máximos, los compuestos líquidos para formar membrana se deben aplicar después del acabado y tan pronto como desaparezca el agua libre sobre la superficie, de manera que no se aprecie ya el brillo del agua, pero antes de que el compuesto líquido del curado pueda ser absorbido por el concreto.

### **VI.II.VIII. Curado a vapor**

El curado a vapor resulta ventajoso en los casos en los que sea necesario contar con una mejora a edad temprana, en la resistencia del concreto y en los casos en que se requiera de una cantidad adicional de calor para completar la hidratación como ocurre en los climas fríos.

Se emplean dos métodos de curado al vapor:

- a) Vapor vivo (o directo) a presión atmosférica; para estructuras cerradas, coladas en obra y para unidades grandes de concreto prefabricado.
- b) Vapor a alta presión en autoclaves que se emplea para unidades de manufactura pequeña.

Un ciclo de curado al vapor consiste de:

- 1) Un retardo inicial antes de aplicar el vapor que va de 2 a 5 hr.
- 2) Un periodo para elevar la temperatura de 2.5 hr.
- 3) Un periodo para mantener constante la temperatura máxima de 6 a 12 hr.
- 4) Un periodo para disminuir la temperatura de 2 hr.

### **VI.II.IX. Periodo de curado y temperatura**

El periodo durante el cual se debe proteger al concreto contra la pérdida de humedad depende del tipo del cemento, de las proporciones de la mezcla, de la resistencia requerida, del tamaño y forma del elemento de concreto, de las condiciones ambientales y de las condiciones futuras de exposición.

Como el curado mejora todas las propiedades deseadas en el concreto, el periodo citado deberá ser tan largo como lo permitan las condiciones prácticas, la longitud del periodo de curado para temperaturas ambientales superiores a 4° C deberá ser mínimo de 7 días o el tiempo necesario para llegar al 70% de la resistencia especificada a la compresión o a la flexión.

## VI. Acabado y Curado del Concreto Hidráulico.

---

El curado natural con temperaturas por encima de 10° C puede ser suficiente si equivale a mantener un concreto con cemento tipo CPC 30R durante 7 días, un concreto con cemento tipo CPP durante 14 días y un tipo CPC 40R durante 3 días.

En el caso de los concretos masivos que no contengan puzolana como parte del material cementante, el curado de los miembros sin refuerzo deberá continuar durante 2 semanas por lo menos. Si el concreto masivo llegara a contener alguna puzolana, el tiempo mínimo de curado para las secciones sin refuerzo deberá extenderse a 3 semanas. Las secciones de concreto masivo fuertemente reforzadas deberán curarse como mínimo 7 días.

En todos los casos se debe tener precaución para evitar la pérdida de humedad del concreto y se tiene que mantener en el concreto una temperatura mínima de 10° C durante 3 días.

En la Figura VI-5 se muestra la aplicación de membrana de curado sobre una losa de concreto.



Figura VI-5. Aplicación de membrana de curado

## **Capítulo VII**

### **Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción**

## **VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción**

A continuación se presentará un informe que elaboró el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto al finalizar su participación en la construcción de un puente en México, este tipo de informes debe ser empleado para dar a conocer, dentro del desarrollo de las actividades, cuales fueron las incidencias más relevantes durante la ejecución de los trabajos.

El formato del informe no es limitativo pero debe contener al menos el alcance del informe y de los trabajos del laboratorio, las incidencias más relevantes, la problemática y sus soluciones y las experiencias adquiridas.

En el punto 5.3. se hace mención de algunos de los apoyos del puente en su Frente No. I, los que se encontraban a partir del No. 9 que era sobre tierra, los demás en orden descendente se encontraban en el agua.

### **1. ALCANCE**

Este informe describe las características, desempeño, comportamiento, problemas técnicos y consideraciones técnicas, que se tuvieron durante las siguientes actividades;

- Construcción de la cimentación del Frente I y Frente II
- Construcción de la obra civil del Frente I
- Construcción de la superestructura del Frente II

### **2. LABORATORIO.**

#### **2.1. DESCRIPCIÓN.**

De acuerdo a las necesidades de llevar el control de calidad del concreto colocado en obra del proyecto Frente I, se realiza la construcción del laboratorio y movilización del equipo necesario para las pruebas contractuales y las especificaciones complementarias.

El laboratorio se ubico en la zona del apoyo No. 9, del Frente I a un costado de la planta de concreto; por ser el lugar más óptimo para el control y supervisión de las mezclas elaboradas por la planta así como de los materiales que se utilizan en la producción del concreto; en el anexo 1 se presenta un croquis de la distribución de las instalaciones del laboratorio y en el anexo 2 fotos de participación del laboratorio.

Al iniciarse la construcción del Frente II, se analiza la posibilidad de instalar otro laboratorio de campo, en una la zona cercana al frente, sin embargo eso elevaría el costo del funcionamiento de éste pues se hubiera requerido equiparlo, ante esta situación, se opta por dar el servicio con el laboratorio que ya se tenía instalado en el apoyo No. 9, para esto, se solicitó el apoyo de las áreas a las que se les daba servicio, para programar el personal de acuerdo a las necesidades, la movilización del mismo, así como del equipo y las muestras obtenidas.

De esta manera el personal del laboratorio se distribuía para atender las necesidades de cada uno de los proyectos implementando, si era necesario, un segundo turno a fin de cumplir con los compromisos de calidad, atención al cliente y con el plan de inspección y prueba que marca la Norma Internacional de Aseguramiento de Calidad.

Se realizó el estudio relacionado al comportamiento de las resistencias del concreto colocado en el Frente I, las muestras se ensayaron a diferentes edades, de tal manera que se obtuviera la caracterización de la resistencia del concreto colocado en la obra, en el anexo 3 se presentan los resultados obtenidos, en donde se puede observar que a corto tiempo, el incremento de resistencia es mayor y que a partir de los 28 días, el incremento de resistencia es menor pero con una tendencia al aumento. La influencia de la clase resistente del cemento se puede apreciar al ver la tendencia de la curva de resistencia.

## **2.2. COSTO.**

Se llevó un control del costo del laboratorio apegado a los programas de costos entregados trimestralmente, el costo del control de calidad del concreto para cada uno de los frentes fue el siguiente:

- **FRENTE I**

1999	\$ 245,391.61
2000	\$1,041,833.21
2001	\$ 600,364.28
TOTAL	\$1,887,589.10

- **FRENTE II**

2000	\$318,644.52
2001	\$425,249.27
TOTAL	\$743,893.79

### **3. MATERIALES PARA EL CONCRETO.**

#### **3.1. CEMENTO.**

De acuerdo a la identificación descrita en la norma NMX-C-414, el tipo de cemento empleado es el CPO-40 de Cemex de la planta Tamuín, Tamaulipas; se analizaron distintos tipos y marcas, obteniéndose mejores resultados de comportamiento, resistencia y desempeño. En el anexo 4 se presenta una tabla con la identificación del cemento de acuerdo a su clase resistente.

Un problema que se presentó con el cemento es que el proveedor modificó su especificación, afectando el tiempo de adquisición de resistencia ampliando el tiempo en un rango de 8 a 12 hr, en un inicio se pensó que era un problema en la dosificación, sin embargo, se verificaron los datos, los resultados y la información generada, no encontrando desviaciones al realizarse una revisión a los materiales, se encontró que el cemento presentaba una variación en sus componentes, al comparar los valores contra la norma vigente, el producto si cumplía con las especificaciones, sin embargo, la revisión que se efectuó contra la norma ASTM C-150, que clasifica al cemento de acuerdo al tipo, se encontró que inicialmente el material correspondía a uno clasificado como tipo I y en la segunda etapa de suministro el cemento correspondía a un tipo II, como la normativa que

emplean las cementeras en México es la que clasifica al cemento por su clase resistente, no se podía realizar un reclamo al proveedor por lo que se realizaron ajustes a la dosificación empleada y se informó al área de construcción de la situación para que considerara este factor dentro de sus tiempos de ejecución.

### **3.2. AGREGADOS.**

La arena empleada es de un banco de arena de río en donde se empleó un tractor, un cargador y un gusano lavador, la arena se lavaba debido a que se encontraba contaminada con arcilla, se realizaron varias pruebas para determinar la cantidad de ciclos de lavado necesarios y cantidad de material que había que vaciar a la tolva del gusano para mejorar las características del material.

La grava empleada es una caliza con triturado secundario, desechando totalmente la arena y el despolve, aprovechando exclusivamente la grava producida.

En el anexo 5 se muestran fotos del banco de arena y del banco de grava.

### **3.3. AGUA.**

La decisión para definir el agua a emplear en la fabricación de concreto hidráulico se hizo del muestreo de dos fuentes, una localizada en la cascada localizada a 20 km de la zona de obra y la otra procedente del embalse de una presa; de acuerdo a los resultados obtenidos de calidad, ambas cumplían, sin embargo, en la época de sequía el caudal de la cascada disminuía considerablemente y el tiempo de recarga y transporte aumentaba poniendo en riesgo la falta de suministro oportuno del líquido por tanto, se decidió suministrar a la planta dosificadora con el agua del embalse de la presa por medio de bomba de agua.

### **3.4. ADITIVOS.**

Según las necesidades del área de construcción y la manera en como se decidió efectuar el transporte y colocación del concreto, los aditivos que se emplearon fueron, de acuerdo

a la norma ASTM, tipo A, C, D y F así como un asistente de bombeo que se empleaba para evitar la segregación de los materiales del concreto.

Durante el desarrollo de la obra, se sustituyó el proveedor inicial de aditivos esto debido a problemas en el suministro de los mismos, sin embargo los aditivos que se emplearon para sustituir al primer proveedor presentaron un retraso mayor en el fraguado del concreto que lo que propiciaba que las resistencias requeridas por el área de construcción se obtuvieran aproximadamente 12 hr después, lo que afectaba los programas de trabajo; para contrarrestar el efecto, se modificó la dosificación de materiales, aumentando la relación agua/cemento y disminuyendo por debajo de lo indicado en la ficha técnica la cantidad de aditivo. Se logró identificar que el efecto del aditivo retardante en algunos componentes del cemento es lo que causaba el problema del retaso de fraguado.

#### **4. CONCRETO.**

##### **4.1. MEZCLAS.**

Fue necesario realizar un programa de diseño de mezclas para definir la que tuviera las características mas apropiadas dentro de las cuales esta el aspecto económico. También se presentaron varias dosificaciones que consideraban, distancias de bombeo, tiempo de retención del revenimiento, trabajabilidad, consistencia y resistencia (normal o rápido), éstas se presentan en el anexo No. 6.

Previo al cambio de proveedor de aditivos mencionado en el punto 3.4., se desarrolló un programa de diseño de mezclas para obtener las dosificaciones que se emplearían con el segundo proveedor, estas se presentan en el anexo No. 7.

A causa de la falta de suministro de aditivos, se tuvo la necesidad de elaborar dosificaciones de concreto sin aditivo, éstas se emplearon en una sola ocasión obteniendo resultados satisfactorios, la diferencia fundamental es que a comparación de las mezclas con aditivo, la resistencia fue adquirida en mayor tiempo pero cumpliendo con

la de proyecto a 28 días. En el anexo 8 se presentan las mezclas de concreto sin aditivo y sus resultados.

#### **4.2. COLOCACIÓN.**

Para el Frente I, en un inicio se tomó la decisión de colocar el concreto por bombeo, esto comprendía emplear una bomba de concreto colocada en el apoyo No. 9 y por medio de una pasarela que soportara la tubería de conducción se transportaría el concreto, esta actividad se realizó hasta el apoyo No. 5, posteriormente junto con los responsables de otras áreas, se desarrolló un estudio con el cual se optaría por transportar el concreto en ollas revolventoras sobre chalanes, también se estableció el ciclo óptimo y logística para realizar las operaciones de colado más adecuadas a las necesidades. Con la información que se desprendía de la modificación, se realizaron los ajustes necesarios a las dosificaciones de concreto empleadas para dar la trabajabilidad y el tiempo de retención de revenimiento solicitado.

La modificación básica que se efectuó fue la de agregar uno de los dos aditivos empleados en el trayecto de la rampa de servicio al lugar de la colocación del concreto, obteniéndose resultados satisfactorios.

En el Frente II, el transporte del concreto se realizó por medio de chalanes y remolcadores que llevaban el concreto desde la planta localizada en el apoyo No. 9 y hasta el lugar en donde fuera a ser colocado, en ocasiones se manejó el tiro directo y otras el colado con motobomba, las dosificaciones empleadas se diseñaron de tal manera que fuera posible emplearlas en ambos procesos por si era necesario realizar algún cambio durante algún colado. Para esta obra se tomaron diferentes opciones en unos casos, se enviaba el concreto con un revenimiento más alto para que al llegar a la obra tuviera el revenimiento solicitado; en otros casos, se enviaba el concreto con una parte del aditivo y la otra se colocaba en el camino o al llegar a la obra, y la otra opción era enviar el concreto con un cierto revenimiento y agregar el aditivo necesario para obtener el solicitado, por los frentes, la velocidad de colocación, el tiempo de espera o las condiciones climáticas.

#### **4.3. COMPORTAMIENTO.**

En el anexo 9 se presentan las gráficas de control en donde se puede apreciar el comportamiento que tuvo el concreto, inicialmente se puede observar que durante la producción no se tenía un control adecuado de la mezcla, sin embargo, a partir del segundo apoyo colado, el control y comportamiento se ajustaron a las necesidades y se puede observar que el concreto toma un comportamiento más adecuado debido a los ajustes realizados.

El concreto se verificó antes de salir de la planta de concreto y antes de vaciar a la bomba. En un inicio ambas actividades se realizaron con un muestreo de la producción muy cerrado; conforme se fue obteniendo el control de la producción, se fue espaciando el muestreo sin dejar de mantener una observación directa a todo el concreto colocado.

### **5. EQUIPO.**

#### **5.1. PLANTA DE CONCRETO.**

La planta de concreto principal empleada es una ODISA 6000, su producción nominal es de 60 m<sup>3</sup> por hora, la producción promedio era de 40 m<sup>3</sup> por hora, aunque se llegaron a producir 50 m<sup>3</sup> por hora.

El arreglo de la planta está compuesto por 3 silos auxiliares y uno principal, la capacidad total de almacenamiento de cemento fue de 430 ton de cemento, contaba con un equipo de autocontrol ODISA serie 2000 y tres básculas para materiales (cemento, agua, agregados). La planta secundaria o de respaldo es una planta "fast-way" con capacidad teórica de 30 m<sup>3</sup> por hora, la capacidad real del equipo era de 20 m<sup>3</sup> por hora, contaba con un sistema de pesaje manual, con tolva pesadora y un silo con trompo pesador. El equipo secundario solicitado por el cliente era uno de la misma capacidad de la planta principal, sin embargo, se determinó que sólo era necesario equiparse con una planta de menor capacidad seleccionando la "fast-way" debido a que se trataba de una planta de paro-arranque inmediato. En el anexo 10 se presenta una foto del arreglo.

El contar con la planta de respaldo fue de utilidad en el aspecto de que durante las actividades sólo fue empleada en dos ocasiones para lo que fue solicitada, en caso de no contar con ella, se hubieran tenido esperas de 20 min para resolver las contingencias de la planta principal, sin embargo, fue empleada para aumentar la velocidad de suministro del concreto con lo que se mejoraba y mantenía el rendimiento de producción.

### **5.2. OLLAS REVOLVEDORAS.**

Tomando como base los análisis elaborados por el área de plantas de acuerdo a los volúmenes por fabricar y las necesidades de suministros de cada frente, en un inicio se contaba con 5 ollas revolvedoras, sin embargo, por necesidades del proyecto, se equipó con 6 ollas revolvedoras sobre camión con capacidad nominal de  $7.5\text{m}^3$ , los volúmenes máximos cargados en este proyecto fueron de 5 y  $6\text{ m}^3$ . Para el empleo de los equipos, se realizaron pruebas de uniformidad para establecer la eficiencia de estos. En el anexo 11 se presentan los estudios realizados.

### **5.3. BOMBAS DE CONCRETO.**

Para este caso y por solicitud del cliente, se emplearon dos bombas de concreto, una de ellas se consideraba como la línea principal de bombeo y la segunda como auxiliar en caso de algún taponamiento; ambas de marca "Putzmeister" con un rendimiento nominal de  $40\text{ m}^3$  por hora. En el anexo 12 se presentan unas fotos del arreglo.

Hay que señalar que en ningún momento de la obra se tuvo que emplear la línea secundaria de bombeo, pudiera considerarse que no era necesario pero pensando en algún problema con la línea principal tal vez es necesario no equiparse con dos líneas pero si con las refacciones, herramientas e implementos necesarios para resolver cualquier contingencia.

La longitud máxima de bombeo fue de 580 m. Las distancias de bombeo a cada uno de los apoyos fue la siguiente:

## VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

---

- Apoyo 9 a Apoyo 8 92 m.
- Apoyo 9 a Apoyo 7 244 m.
- Apoyo 9 a Apoyo 6 412 m.
- Apoyo 9 a Apoyo 5 580 m.

obteniéndose en todos los casos resultados satisfactorios, a continuación se presenta una figura en donde se aprecia la tubería de bombeo y se puede dar una idea de la distancia de bombeo.



## 6. CALIDAD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

### 6.1. CALIDAD.

Para el funcionamiento del laboratorio, se activaron 24 procedimientos de prueba, durante el desarrollo de la obra, se atendieron auditorias internas y de tercera partes de las cuales se levantaron 3 reportes de no conformidad mayor y 3 reportes de no conformidad menor en el Frente I y 5 menores en el Frente II, todas las no conformidades fueron cerradas.

De las horas hombre de capacitación, se desprenden los siguientes conceptos.

<b>HORAS HOMBRE DE CAPACITACIÓN</b>		
<b>Temas</b>	<b>Año 2000</b>	<b>Año 2001</b>
Seguridad	264.2 hr	218.4 hr
Medio Ambiente	260.4 hr	187.2 hr
Aseguramiento de Calidad	262.4 hr	10.4 hr
Control de documentos	44.0 hr	20.8 hr
Procedimientos de Laboratorio	220.8 hr	176.8 hr
<b>TOTAL</b>	<b>1051.8 hr</b>	<b>613.6 hr</b>

## 6.2. SEGURIDAD.

Considerando que la seguridad del personal es prioridad inobjetable, se aplicó rigurosa observancia a las reglas y actividades preventivas, el resultado obtenido es que de 68,548 horas/hombre trabajadas en los años 1999 a 2001 en el Laboratorio de Control de Calidad, no se tuvieron accidentes incapacitantes. El desglose de las horas trabajadas es de la siguiente manera:

<b>Horas Hombre sin Accidente Incapacitante</b>	
<b>Año</b>	<b>H/H trabajadas</b>
1999	9 570
2000	40 600
2001	18 378
<b>TOTAL</b>	<b>68 548</b>

para alcanzar el récord, se concientizó al personal del laboratorio mediante pláticas de 5 minutos sobre el uso y mantenimiento adecuado del equipo de seguridad, así como prevenir y evitar actos o acciones inseguras durante cada una de las actividades desarrolladas individual y colectivamente.

Para cuidar que se cumplieran con la seguridad, se supervisaba al personal de manera continua durante el desarrollo de las actividades para evitar las desviaciones y actos de riesgo.

### **6.3. MEDIO AMBIENTE.**

Con el fin de apoyar la preservación del medio ambiente, como medida de mitigación, se construyó en el laboratorio un área especial en donde se realizaba el cabeceo, con mortero de azufre, de los especímenes de concreto; dotándola de una campana extractora de vapores de azufre con filtro que se sustituían mensualmente; el desecho de mortero de azufre se depositaba inicialmente en un almacén temporal de residuos peligrosos y posteriormente se trasladaban al almacén de residuos peligrosos de la obra, de donde se refería al destino final.

Se elaboraron diagramas de bloques para la identificación de aspectos e impactos ambientales de los procesos del laboratorio, los aspectos identificados fueron el cabeceo de azufre y el curado de especímenes de concreto, en el anexo 13 se presentan estos documentos.

## **7. EXPERIENCIAS.**

Es necesario que desde el principio de obra se defina el programa de costos inicial, ya que no se contaba con él y la generación de uno sin contar con los previos, causa problemas para la programación de recursos.

Durante la planeación de las actividades de inicio de labores en la obra, se cuente con un expediente de las normas a emplear en el proyecto, tanto las indicadas en el contrato como las de apoyo, con la finalidad de tener la manera de consultar en sitio cualquiera de ellas.

## VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

---

La capacitación sobre el sistema de calidad que se esté utilizando y los procedimientos de prueba generados por el laboratorio de control de calidad, son necesarios para evitar desviaciones.

Se requiere de una capacitación del personal para el uso y manejo de aditivos ya que el uso inadecuado de estos materiales puede afectar severamente el comportamiento del concreto, se recibió apoyo de los proveedores de aditivos para el manejo adecuado de sus productos y con la retroalimentación proporcionada por los datos observados en la obra se pudieron tener mejores resultados en la asesoría recibida. Previo al cambio de proveedores de aditivos o cambio de aditivos, se deben analizar los efectos que se tendrán para considerarlos dentro del desempeño del concreto.

La comunicación entre las áreas así como la interrelación que existe entre ellas, debe ser atendida en forma continua a tal manera de lograr satisfacer los requisitos de los clientes internos y externos, el contacto con las áreas a las que se le da servicio debe de ser muy apegado, esto con el fin de programar adecuadamente las necesidades de personal e insumos.

El empleo de las instalaciones del laboratorio de obra para realizar investigación, como la mencionada en el punto No. 4; son recomendables para conocer cual es el comportamiento de los concretos en el tiempo, de tal manera se le da un seguimiento con la finalidad de no solo conocer la resistencia a los 28 días.

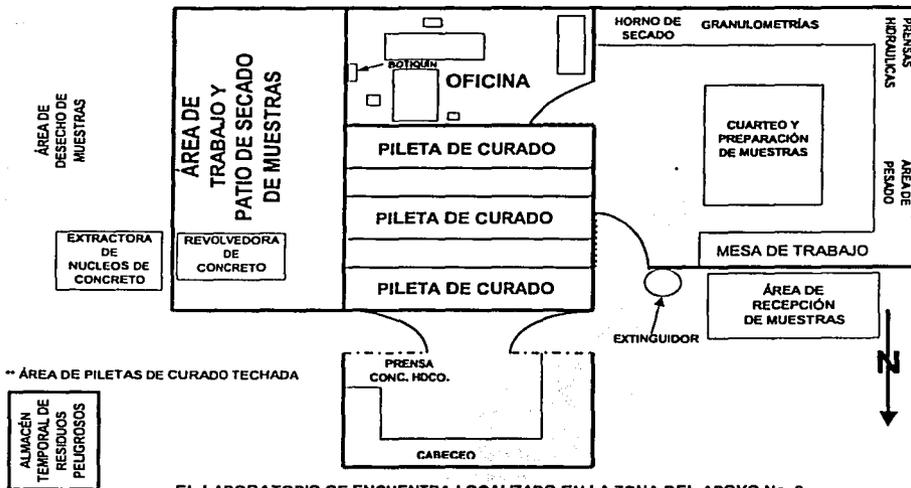
Se debe contar con los programas de colado debido a que en muchas ocasiones no se contaba con ellos y la programación del personal a último momento causaba problemas de organización y delegación de responsabilidades.

Para la elaboración del programa de diseño de mezclas hay que solicitarle al cliente interno que formule por escrito una tabla en donde se especifiquen las características de los productos de concreto que va a requerir para trabajar hacia metas definidas.

8. ANEXOS.

ANEXO 1

Croquis de Distribución de las Áreas del Laboratorio de Obra



EL LABORATORIO SE ENCUENTRA LOCALIZADO EN LA ZONA DEL APOYO No. 9

## ANEXO 2

### Fotos de la Participación del Personal del Laboratorio de Control de Calidad de Concreto



**Prueba de Revenimiento en Planta**



**Prueba de Revenimiento en Obra**



## ANEXO 4

### Identificación del Cemento de Acuerdo a la Clase Resistente

Con la emisión de la Norma NMX-C-414-ONNCCE-1999, que sustituye a la Norma NMX-C-001-1980 y a la NMX-C-175-1969, en la que se establece que el cemento se identificará por la resistencia mecánica a la compresión debido a que es la cualidad más importante que busca el usuario y en muchas ocasiones la única ya que regularmente es el parámetro que se define en los proyectos.

Por su tipo, los cementos según la norma vigente se clasifican de la siguiente manera:

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

Por sus características especiales, los cementos son los siguientes:

<b>Nomenclatura</b>	<b>Características especiales de los cementos</b>
RS	Resistente a los Sulfatos
BRA	Baja Reactividad Alcali agregado
BCH	Bajo Calor de Hidratación
B	Blanco

La composición de los tipos de cemento queda definida de la siguiente forma

Componentes de los cementos<sup>(1)</sup>

Tipo	Denominación	Componentes Principales					Minoritarios <sup>(2)</sup>
		Clinker Portland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos <sup>(3)</sup>	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Portland Ordinario	95 - 100	—	—	—	—	0 - 5
CPP	Cemento Portland Ordinario	50 - 94	—	6 - 50	—	—	0 - 5
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno	40 - 94	6 - 60	—	—	—	0 - 5
CPC	Cemento Portland Compuesto <sup>(4)</sup>	50 - 94	6 - 35	6 - 35	1 - 10	6 - 35	0 - 5
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice	90 - 99	—	—	1 - 10	—	0 - 5
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno	20 - 39	61 - 80	—	—	—	0 - 5

Notas:

- (1) Los valores de la tabla representan el % en masa.
- (2) Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, a menos que estén incluidos ya como tales en el cemento.
- (3) Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.
- (4) El cemento portland compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adicione caliza, ya que esta puede ser en forma individual en conjunto con clinker + yeso.

Por su resistencia mecánica a la compresión, los cementos se clasifican en

- Cementos de Resistencia Normal o resistencia mecánica a la compresión a 28 días.

20	
Resistencia a 28 días	
mín	máx
más de	más de
204 kg/cm <sup>2</sup>	408 kg/cm <sup>2</sup>

30	
Resistencia a 28 días	
mín	máx
más de	más de
306 kg/cm <sup>2</sup>	510 kg/cm <sup>2</sup>

40	
Resistencia a 28 días	
mín	máx
más de	más de
408 kg/cm <sup>2</sup>	510 kg/cm <sup>2</sup>

- Cementos de resistencia Inicial o Temprana o resistencia mecánica a la compresión.

30R		
Resistencia a...		
3 días	28 días	
mín	mín	máx
más de	más de	más de
204 kg/cm <sup>2</sup>	306 kg/cm <sup>2</sup>	510 kg/cm <sup>2</sup>

## ANEXO 5

### Fotografías de los Bancos de Grava y Arena



Frente de Explotación del Banco de Grava



Panorámica del Banco de Arena

Dosificaciones de Materiales para Concreto Empleadas para los Frentes I y II

ANEXO 6

EMPRESA  
PROYECTO  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
DOSIFICACIONES DE CONCRETO EMPLEADAS EN LOS FRENTES I Y II

MUESTRA No.	F <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>	TMA/REV.	TIPO DE CONCRETO				CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	ARENA kg/m <sup>3</sup>	GRAVA kg/m <sup>3</sup>	AGUA L	ADITIVOS L/m <sup>3</sup>				REVENIMIENTO cm/TIEMPO mh								RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup> / TIEMPO									
			N	BN	RR	BRR					ARTM C44+ TPO B y D	ARTM C44+ TPO A y F	ASISTENTE DE BOMBEO	ARTM C44+ TPO B y D	S/A	6	15	30	45	60	75	90	20 h	24 h	36 h	48 h	3	7	14	28		
FRETE I																																
MPCH-117	300	19/20				X	360	996	841	162	1.80	1.44	1.44		5	26	25	24	23	22	21	20					250	395	435	460		
MPCH-117*	300	19/20				X	396	935	812	178	1.98	1.58	1.58			23	22	20										345	409	450	481	
MPCH-117*	300	19/20				X	360	996	841	162	1.80	1.44			21	20												396	427	478		
MPCH-138	250	19/20		X			300	1050	820	159	1.50				22	21	20	18										246	264	307		
MPCH-219	400	19/22				X	506	828	702	228	0.75	2.02	2.02		22	18	17									215	232	242	250	287		
MPCH-229	250	19/20		X			300	945	786	213				0.60	21	18	17											234	272	301		
MPCH-238	400	19/22				X	506	869	736	200	1.00	2.02	2.02		23	20	18	17								235	249	256	316	323		
MPCH-238*	400	19/22				X	506	869	736	200	1.52	2.02			23	22											290	336	348	368	385	420
FRETE II																																
MPCH-055	150	20/12	X				200	987	1069	140						14	12											142	158	179		
MPCH-117-A	350	19/20		X			360	996	841	162	1.80				18	21												303	368	399		
MPCH-121	300	19/18		X			370	885	736	240	1.85				8	21	19	17	12									250	283	355	360	
MPCH-137	250	19/20		X			320	949	789	208	1.60				8	21	20	18	15									203	235	280	281	
MPCH-137-A	300	19/20		X			330	1050	873	215	1.65				22	17												298	352	362		
MPCH-137-A	300	19/20		X			330	1050	873	215				0.56	18	21												278	319	359		
MPCH-138	250	19/20		X			300	1050	820	159	1.50				22	21	20	18										246	264	307		
MPCH-230	250	19/20		X			300	975	811	192				0.60	22	20	19											230	281	316		
MPCH-232	350	19/20		X			360	917	775	209				0.72	17	23	22	20	19									266	283	352	392	
MPCH-254	250	20/20		X			290	1014	840	174	1.74				20	17	15	13	12								152		226	262		

\*\* RESULTADOS OBTENIDOS DE CAMPO

ANEXO 7

Dosificaciones de Materiales para Concreto Empleadas para los Frentes I y II con el Segundo Proveedor de Aditivos

EMPRESA  
PROYECTO  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
MEZCLAS DE CONCRETO CON EL SEGUNDO PROVEEDOR DE ADITIVOS

MUESTRA No.	f'c kg/cm <sup>2</sup>	TMA/REV.	CONCRETO		CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	ARENA kg/m <sup>3</sup>	GRAVA kg/m <sup>3</sup>	AGUA L	ADITIVOS L/m <sup>3</sup>		S/A	REV. cm / min							RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>								
			BN	BRR					ASTM C 494 TIPO D	ASTM C 494 TIPO I		0	15	30	45	60	75	90	24 hr	48 hr	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS			
MPCH-304	300	20/22	---	XX	420	834	711	252	---	---	22.5	---	22.5	21.5	---	19.5	18	17	---	---	159	---	231	276	---	---	
MPCH-305	300	20/22	---	XX	420	1.070	720	180	1.260	2.520	5	SE APLICA ADITIVO	15	13	---	12	**22.5	19.5	17	11.5	EL CONCRETO NO FRAGUO						
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MPCH-306	300	20/22	---	XX	420	962	669	218	0.840	2.940	3.5	13	12.5	---	23.5	23	20.5	18.5	15.5	---	---	370	435	454	470	---	
MPCH-307	300	20/22	---	XX	420	942	655	231	---	3.780	3.5	15.5	10	---	22	20.5	18	---	---	215	---	---	---	---	---	---	
MPCH-308	300	20/22	---	XX	420	962	669	218	---	2.940	7	22	19.5	---	23	22.5	22.5	21	---	---	300	---	---	401	430	---	
MPCH-309	300	20/22	---	XX	420	942	655	231	---	1.880	13	---	---	---	23.5	22	18.5	17	---	---	216	266	299	338	363	370	
MPCH-310	250	20/22	XX	---	350	995	665	230	0.875	---	15	---	---	---	23	20	19	17	---	---	134	203	264	314	351	358	
MUESTRAS TESTIGO																											
MPCH-309	300	20/22	---	XX	420	942	655	231	---	---	13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
MPCH-310	250	20/22	XX	---	350	995	665	230	---	---	15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOTAS:

\*\* SE AGREGA ADITIVO ASTM C 1017 TIPO I

EL CONCRETO DE LA MUESTRA MPCH-305 NO FRAGUO POR LO QUE SE DECIDIO NO CONSIDERARLO PARA SEGUIMIENTO

EN CONCRETO PARA LA CIMENTACIÓN SE EMPLEARÁ EL ADITIVO ASTM C 1017 TIPO I

EN CONCRETO PARA LA OBRA CIVIL SE EMPLEARÁ EL ADITIVO ASTM C 494 TIPO D

**Dosificaciones de Materiales para Concreto Empleadas para los Frentes I y II  
sin Aditivos**

**ANEXO 8**

**EMPRESA  
PROYECTO**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO**

**MEZCLAS DE CONCRETO SIN ADITIVO**

MUESTRA No.	f'c kg/cm <sup>2</sup>	TMA/REV.	CONCRETO		CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	ARENA kg/m <sup>3</sup>	GRAVA kg/m <sup>3</sup>	AGUA L	REVENIMIENTO (cm)		PVCF	TEMP	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>		
			BN	BRR					PLANTA	OBRA			24 hr	7 DIAS	28 DIAS
IPCH-751	300	20/22	---	XX	420	834	711	252	24	23	2306	30	187	268	339
IPCH-752	300	20/22	---	XX	420	834	711	252	24	25	2313	30	170	307	400
PROMEDIO	300	20/22	---	XX	420	834	711	252	24	24	2309.5	30	179	288	370

**NOTAS:**

EL TIEMPO DE RETENCIÓN DEL REVENIMIENTO FUE DE 30 MINUTOS.

EL CONCRETO FUE EMPLEADO EN PARTE DE LA CIMENTACIÓN DEL FRENTE I DEBIDO A LA FALTA DE SUMINISTRO DE ADITIVOS.

**ANEXO 9**

**GRÁFICAS DE CONTROL DEL CONCRETO DE LOS FRENTEROS I y II**

Al tratarse de un ejemplo de la aplicación del control de calidad en un proyecto, sólo se presentarán algunas de las tablas y gráficos que se diseñaron y presentaron en el trabajo final, ambos casos no son limitativos y se pueden ajustar de acuerdo a las necesidades del proyecto.

El análisis estadístico que se efectúa, se realiza con todos los datos que se obtengan de los ensayos de laboratorio, considerando sólo concretos con las mismas propiedades.

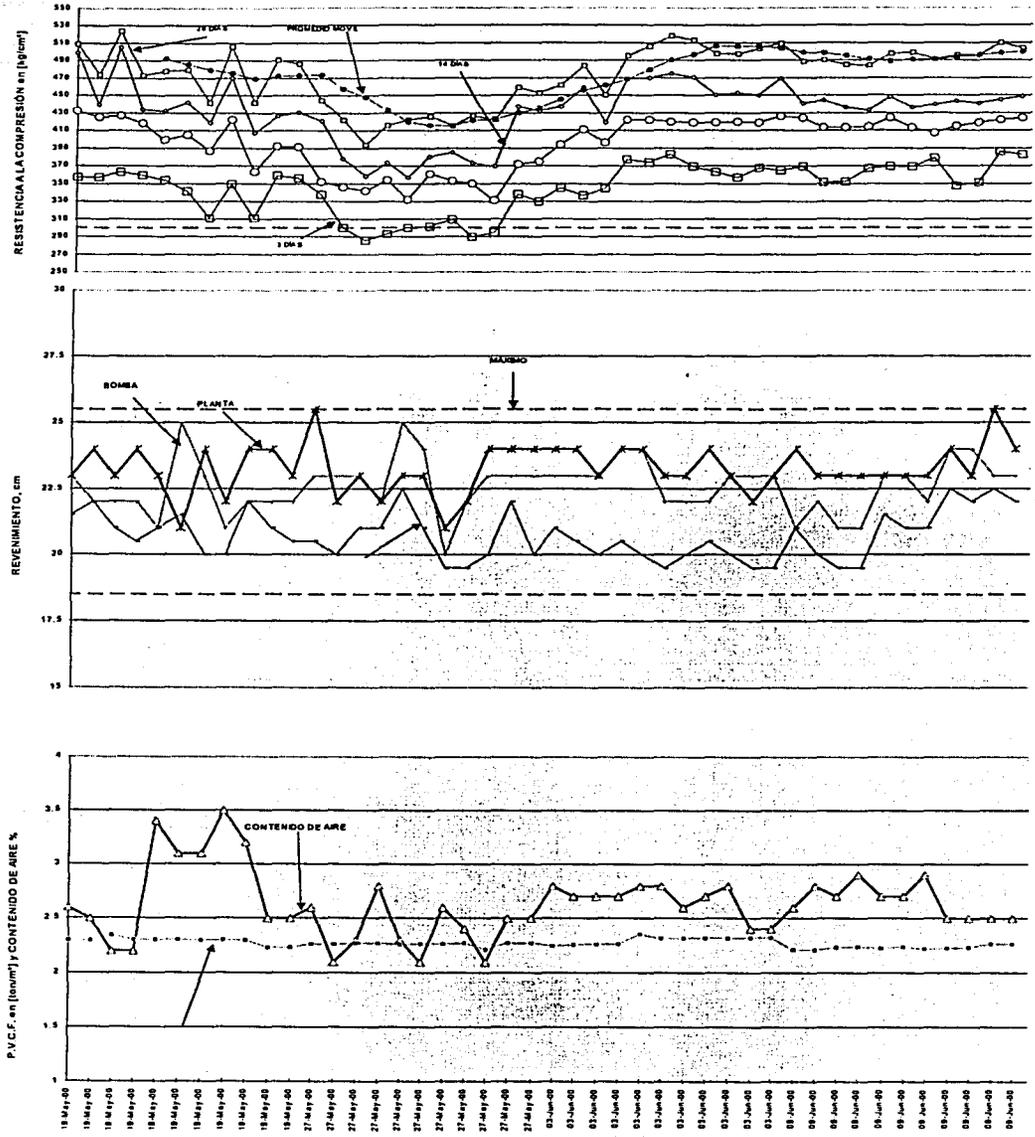
**EMPRESA  
PROYECTO**  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

FECHA COLADO	ELEMENTO	COMPRESIÓN, kg/cm <sup>2</sup>					P.V.C.F. ton/m <sup>2</sup>	CONTENIDO AIRE, %	REVENIMIENTO, cm				
		3 DÍAS	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	PROM. MOVIL			PLANTA	BOMBA	APOYO	MÍNIMO	MÁXIMO
19-May-00	IR	357	432	499	509		2.298	2.6	23.0	23.0	21.5	18.5	25.5
19-May-00	IR	357	425	439	474		2.298	2.5	24.0	22.0	22.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	363	427	505	524		2.340	2.2	23.0	22.0	21.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	359	418	434	473		2.302	2.2	24.0	22.0	20.5	18.5	25.5
19-May-00	IR	354	399	432	478	492	2.307	3.4	23.0	21.0	21.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	341	405	442	479	486	2.304	3.1	21.0	25.0	21.5	18.5	25.5
19-May-00	IR	311	387	418	442	479	2.298	3.1	24.0	23.0	20.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	349	422	470	506	478	2.402	3.5	22.0	21.0	20.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	311	363	407	442	469	2.298	3.2	24.0	22.0	22.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	359	392	427	491	472	2.236	2.5	24.0	22.0	21.0	18.5	25.5
19-May-00	IR	356	391	431	486	473	2.236	2.5	23.0	22.0	20.5	18.5	25.5
27-May-00	DO	338	352	421	445	474	2.263	2.6	25.5	23.0	20.5	18.5	25.5
27-May-00	DO	300	348	378	422	457	2.290	2.1	22.0	23.0	20.0	18.5	25.5
27-May-00	DO	286	342	356	394	448	2.274	2.3	23.0	23.0	21.0	18.5	25.5
27-May-00	DO	293	354	373	416	433	2.271	2.8	22.0	22.0	21.0	18.5	25.5
27-May-00	DO	300	332	357	422	420	2.257	2.3	23.0	25.0	22.5	18.5	25.5
27-May-00	DO	302	361	380	426	416	2.266	2.1	23.0	24.0	21.0	18.5	25.5
27-May-00	DO	310	353	385	415	415	2.264	2.6	21.0	20.0	19.5	18.5	25.5
27-May-00	DO	290	350	373	427	421	2.273	2.4	22.0	22.0	19.5	18.5	25.5
27-May-00	DO	295	331	368	422	422	2.212	2.1	24.0	23.0	20.0	18.5	25.5
27-May-00	DO	338	372	437	459	430	2.271	2.5	24.0	23.0	22.0	18.5	25.5
27-May-00	DO	330	375	432	453	435	2.271	2.5	24.0	23.0	20.0	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	345	394	437	481	444	2.248	2.8	24.0	23.0	21.0	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	336	411	458	484	456	2.258	2.7	24.0	23.0	20.5	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	344	398	418	450	461	2.269	2.7	23.0	23.0	20.0	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	377	422	468	495	468	2.269	2.7	24.0	24.0	20.5	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	374	422	470	506	479	2.355	2.8	24.0	24.0	20.0	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	383	420	475	518	491	2.318	2.8	23.0	22.0	19.5	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	369	419	471	513	496	2.318	2.8	23.0	22.0	20.0	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	363	419	450	497	506	2.327	3.7	24.0	22.0	20.5	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	357	420	453	497	506	2.319	2.8	23.0	23.0	20.0	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	368	419	450	504	506	2.324	2.4	22.0	23.0	19.5	18.5	25.5
03-Jun-00	IO	365	426	489	509	504	2.324	2.4	23.0	23.0	19.5	18.5	25.5
09-Jun-00	DR	369	424	441	489	499	2.213	2.6	24.0	21.0	21.0	18.5	25.5
09-Jun-00	DR	351	413	444	496	498	2.213	2.8	23.0	22.0	20.0	18.5	25.5
09-Jun-00	DR	352	413	436	485	495	2.234	2.7	23.0	21.0	19.5	18.5	25.5
09-Jun-00	DR				484	491	2.238	2.9	23.0				
09-Jun-00	DR				497	489	2.230	2.7	23.0				
09-Jun-00	DR				499	491	2.238	2.7	23.0				
09-Jun-00	DR				491	491	2.219	2.9	23.0				
09-Jun-00	DR				496	496	2.230	2.5	24.0				
09-Jun-00	DR	351	419	441	496	496	2.233	2.5	23.0	24.0	22.0	18.5	25.5
09-Jun-00	DR	386	422	445	510	498	2.269	2.5	25.5	23.0	22.5	18.5	25.5
09-Jun-00	DR	383	424	449	504	499	2.289	2.5	24.0	23.0	22.0	18.5	25.5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO									
No. MUESTRAS	36	39	39	44	44	44	39	39	
PROMEDIO	343	395	432	475	472	2.271	2.63	23.3	22.6
DES. ESTAND	28.9	31.5	37.2	33.7	29.0	0.037	0.3	0.9	0.9
COEF. VARIACIÓN, %	8.4	8.0	8.6	7.1	6.1	1.6	11.9	4.1	4.7
VALOR MÍNIMO	286	331	357	394	415	2.212	2.1	21.0	20.0
VALOR MÁXIMO	386	432	505	524	506	2.355	3.5	25.5	22.5
RANGO	100	101	148	130	92	0.143	1.4	4.5	5

Tabla de datos del Apoyo No. 8

VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.



Gráficas de Comportamiento del Concreto del Apoyo No. 8

VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

**EMPRESA  
PROYECTO**  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

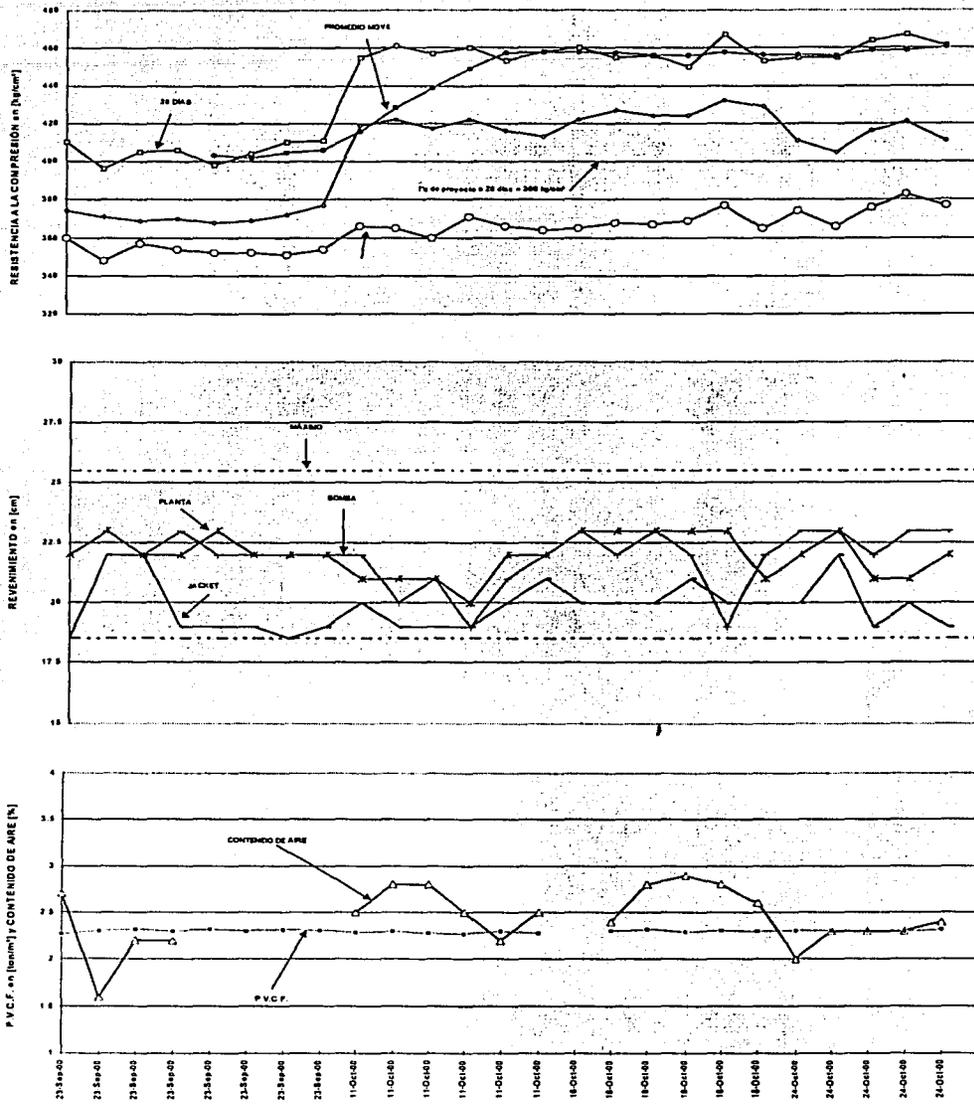
ELEMENTO APOYO No. 7

FECHA COLADO	ELEMENTO	COMPRESIÓN, kg/cm <sup>2</sup>					P.V.C.F. ton/m <sup>3</sup>	CONT. AIRE, %	REVENIMIENTO				
		3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	PROM. MOVIL			PLANTA	BOMBA	APOYO	MÍNIMO	MÁXIMO
23-Sep-00	IR	360	374	410			2.272	2.7	22	22	18.5	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	348	371	396			2.306	1.6	23	23	22.0	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	357	369	405			2.321	2.2	22	22	22.0	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	354	370	406			2.299	2.2	22	23	19.0	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	352	368	398	403		2.320		23	22	19.0	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	352	369	404	402		2.306		22	22	19.0	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	351	372	410	405		2.313		22	22	18.5	18.5	25.5
23-Sep-00	IR	354	377	411	406		2.306		22	22	19.0	18.5	25.5
11-Oct-00	DO	366	419	455	416		2.286	2.5	21	22	20.0	18.5	25.5
11-Oct-00	DO	365	422	461	428		2.299	2.8	21	20	19.0	18.5	25.5
11-Oct-00	DO	360	417	457	439		2.279	2.8	21	21	19.0	18.5	25.5
11-Oct-00	DO	371	422	460	449		2.272	2.5	20	19	19.0	18.5	25.5
11-Oct-00	DO	366	416	453	457		2.299	2.2	22	21	20.0	18.5	25.5
11-Oct-00	DO	364	413	458	458		2.276	2.5	22	22	21.0	18.5	25.5
18-Oct-00	IO	365	422	460	458				23	23	20.0	18.5	25.5
18-Oct-00	IO	368	427	455	457		2.299	2.4	23	22	20.0	18.5	25.5
18-Oct-00	IO	367	424	456	456		2.309	2.8	23	23	20.0	18.5	25.5
18-Oct-00	IO	369	424	450	456		2.292	2.9	23	22	21.0	18.5	25.5
18-Oct-00	IO	377	432	467	458		2.306	2.8	23	19	20.0	18.5	25.5
18-Oct-00	IO	365	429	453	456		2.299	2.6	21	22	20.0	18.5	25.5
24-Oct-00	DR	374	411	455	456		2.306	2.0	22	23	20.0	18.5	25.5
24-Oct-00	DR	366	405	455	456		2.306	2.3	23	23	22.0	18.5	25.5
24-Oct-00	DR	376	416	464	459		2.306	2.3	21	22	19.0	18.5	25.5
24-Oct-00	DR	383	421	467	459		2.299	2.3	21	23	20.0	18.5	25.5
24-Oct-00	DR	377	411	461	460		2.313	2.4	22	23	19.0	18.5	25.5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO										
No. MUESTRAS		25	25	25	21	24	20	25	25	25
PROMEDIO		364	404	441	443	2.300	2.4	22	22	19.8
DESV. ESTANDAR		9.2	23.7	25.7	22.2	0.014	0.3	0.9	1.2	1.1
COEF. VARIACIÓN, %		2.5	5.9	5.8	5.0	0.599	13.2	3.9	5.3	5.3
VALOR MÍNIMO		348	368	396	402	2.272	1.6	20	19	18.5
VALOR MÁXIMO		383	432	467	460	2.321	2.9	23	23	22.0
RANGO		35	64	71	59	0.049	1.3	3	4	3.5

Tabla de datos del Apoyo No. 7

VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

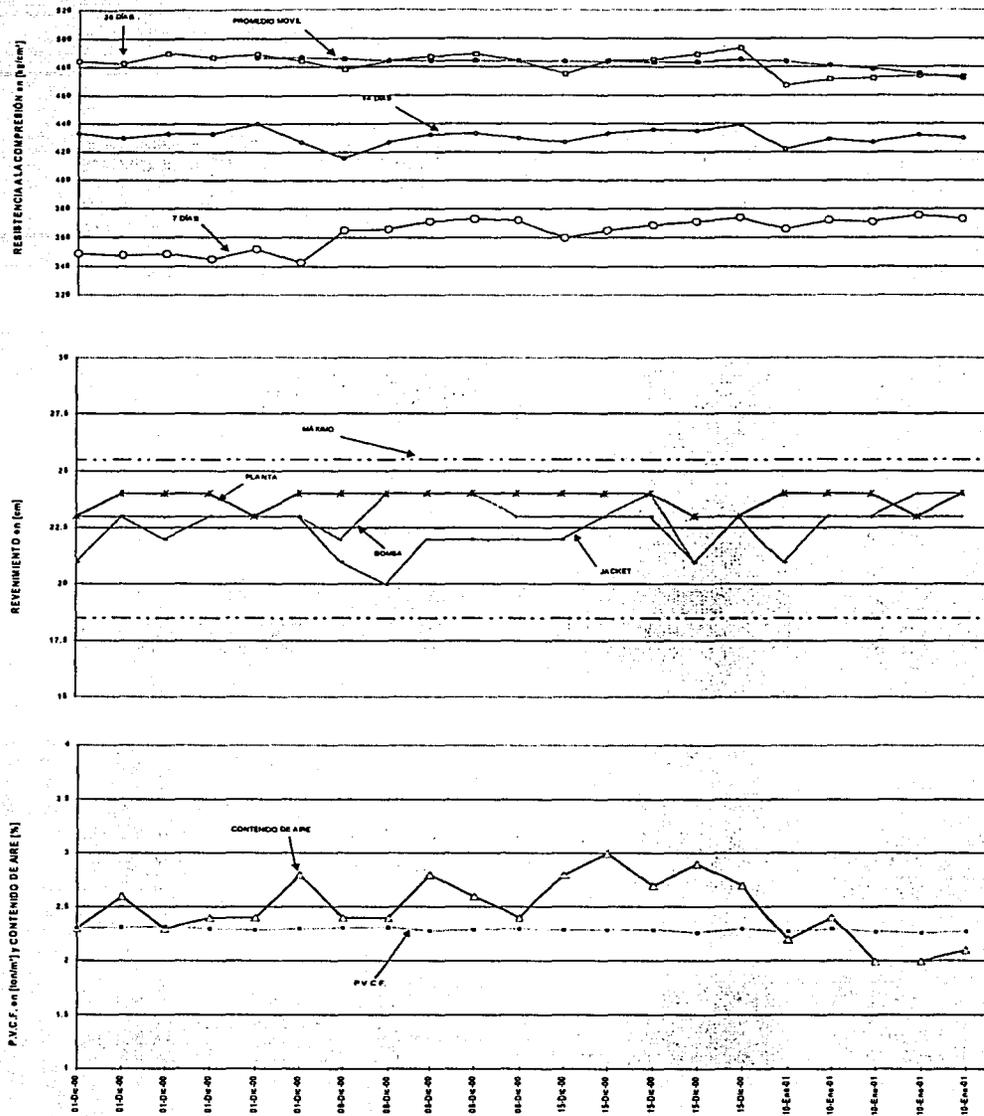


Gráficas de Comportamiento del Concreto del Apoyo No. 7

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

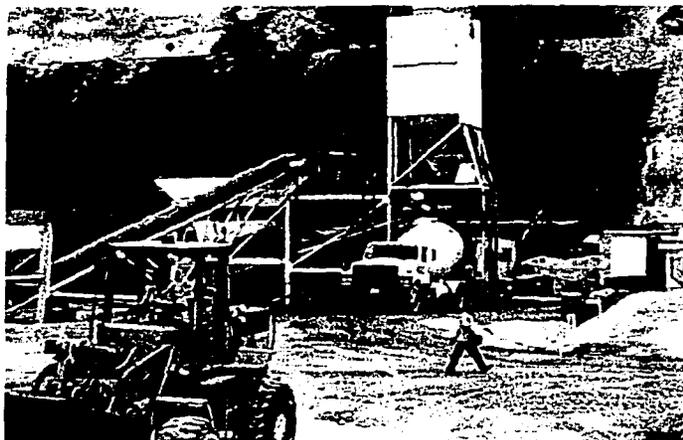
vii-27

VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.



Gráficas de Comportamiento del Concreto del Apoyo No. 6

**ANEXO 10**  
**FOTOS DE LAS PLANTAS DE CONCRETO EMPLEADAS EN LOS**  
**FRENTES I Y II**



### ANEXO 11

## PRUEBAS DE UNIFORMIDAD AL MEZCLADO REALIZADAS A LAS OLLAS REVOLVEDORAS

Las pruebas de uniformidad de mezclado, se realizan a los equipos que se emplean para el mezclado de concreto, la serie de pruebas realizadas, se puede repetir a los equipos dependiendo de la intensidad de trabajo a la que estén sujetos los equipos así como cuando se presente duda.

EMPRESA PROYECTO					
INFORME DE PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO				CONTROL DE ARCHIVO	
OBRA:	FRENTE I y II	FECHA DE PRUEBA:	21-Nov-00	f'c: 400 KG/CM <sup>2</sup>	
UBICACIÓN		CAMIÓN PLACAS	6236 BR	REVENIMIENTO 22 ± 3.5	
CONSTRUCTORA		No DE OLLA	199	T.M.A. 19 mm:	
PLANTA	ODISA 6000	No ECONOMICO	1EB312U0199	TIPO DE CONCRETO RR	
PORCIÓN No	1	2	DE MÁXIMA ESPECIFICACIÓN ASTM C-94	OBSERVACIONES	
<b>PESO UNITARIO</b>					
PESO DEL RECIPIENTE, g	2.810	2.810	± 16	CUMPLE	
FACTOR DEL RECIPIENTE	0.007215	0.007215			
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO, kg	19.150	19.050			
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg	16.340	16.240			
PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>	2.265	2.251			
DIFERENCIA DE PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>	---	-14			
<b>CONTENIDO DE AIRE</b>					
AIRE OBTENIDO, %	2.7	2.5	± 1.0	CUMPLE	
DIFERENCIA DE AIRE, %	---	0.2			
<b>REVENIMIENTO</b>					
REVENIMIENTO OBTENIDO, cm	26.0	25.0	± 3.8	CUMPLE	
DIFERENCIA DE REVENIMIENTO, cm	---	1.0			
<b>CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO</b>					
PESO AGREGADO (EN MALLA 4), SSS, kg	5.000	5.200	± 06.00	CUMPLE	
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg	16.340	16.240			
PESO AGREGADO GRUESO, %	30.6	32.0			
DIFERENCIA EN %	---	-1.4			
<b>PESO UNITARIO DE MORTERO</b>					
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg	16.340	16.240	± 01.60	CUMPLE	
PESO AGREGADO (MALLA 4), SSS, kg	5.000	5.200			
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>	0.007215	0.007215			
CONTENIDO DE AIRE, %	2.7	2.5			
DENSIDAD DE CRAVA, SSS	2.7	2.5			
PESO UNITARIO MORTERO, kg/m <sup>3</sup>	2194.1	2228.2			
DIFERENCIA EN %	---	-1.5			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (7 DIAS)</b>					
ENSAYE No 1	385	392	± 07.50	CUMPLE	
ENSAYE No 2	393	403			
ENSAYE No 3	---	---			
PROMEDIO parcial, kg/cm <sup>2</sup>	389	398			
PORCENTAJE CON EL PROMEDIO	97	99			
DIFERENCIA EN %	---	-2.1			
RESULTADO FINAL	PRUEBAS QUE CUMPLEN		6	DEBEN CUMPLIR 5 DE 6 PRUEBAS	
REFERENCIAS	LUGAR	FECHA DE EMISIÓN	FOLIO CONSECUTIVO		
ASTM C-94	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	Noviembre 29, 2000	No 19		
	ELABORÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ		FORMATO No
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		CONTROL DE ENTREGA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO S.A. S.R.L. DIRECCIÓN

VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

<b>EMPRESA PROYECTO</b>					
<b>INFORME DE PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO</b>				CONTROL DE ARCHIVO	
OBRA:	FRENTE I y II		FECHA DE PRUEBA:	04-Abr-01	
UBICACIÓN:			CAMIÓN PLACAS	KL-19750	
CONSTRUCTORA:			No. DE OLLA:	FCO-001	
PLANTA:	ODISA 6000		No. ECONOMICO:	T26MH007	
			DIF. MÁXIMA ESPECIFICACIÓN ASTM C-94		TIPO DE CONCRETO RR
PORCIÓN No:			1	2	OBSERVACIONES
<b>PESO UNITARIO</b>					
PESO DEL RECIPIENTE, g			2.810	2.810	± 16
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>			0.007215	0.007215	
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO, kg			19.400	19.400	
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg			16.590	16.590	
PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>			2,299	2,299	
DIFERENCIA DE PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>			----	0	
<b>CONTENIDO DE AIRE</b>					
AIRE OBTENIDO, %			1.4	1.4	± 1.0
DIFERENCIA DE AIRE, %			----	0	
<b>REVENIMIENTO</b>					
REVENIMIENTO OBTENIDO, cm			23.0	23.0	±3.8
DIFERENCIA DE REVENIMIENTO, cm			----	0.0	
<b>CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO</b>					
PESO AGREGADO (EN MALLA 4), SSS, kg			5.200	5.250	±06.00
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg			16.590	16.590	
PESO AGREGADO GRUESO, %			31.3	31.6	
DIFERENCIA EN %			----	-0.3	
<b>PESO UNITARIO DE MORTERO</b>					
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg			16.590	16.590	±01.60
PESO AGREGADO (MALLA 4), SSS, kg			5.200	5.250	
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>			0.007215	0.007215	
CONTENIDO DE AIRE, %			1.4	1.4	
DENSIDAD DE GRAVA, SSS			2.67	2.68	
PESO UNITARIO MORTERO kg/m <sup>3</sup>			2204.6	2199.8	
DIFERENCIA EN %			----	0.2	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (7 DÍAS)</b>					
ENSAYE No 1			430	424	±07.50
ENSAYE No 2			427	423	
ENSAYE No 3			437	422	
PROMEDIO parcial, kg/cm <sup>2</sup>			431	423	
PORCENTAJE CON EL PROMEDIO			108	106	
DIFERENCIA EN %			----	2.1	
RESULTADO FINAL			PRUEBAS QUE CUMPLEN		DEBEN CUMPLIR 5 DE 6 PRUEBAS
REFERENCIAS	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		LUGAR		FECHA DE EMISIÓN:
	ELABORÓ		REVISÓ.		Abril 11, 2001
	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		AUTORIZÓ:
ASTM C-94					NOMBRE Y FIRMA
					FOLIO CONSECUTIVO
					No. 20
					FORMATO No.
					CONTROL DE ENTREGA:

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
 ABARCA SOLO MUESTRAS DE REFERENCIA  
 DIRECCION

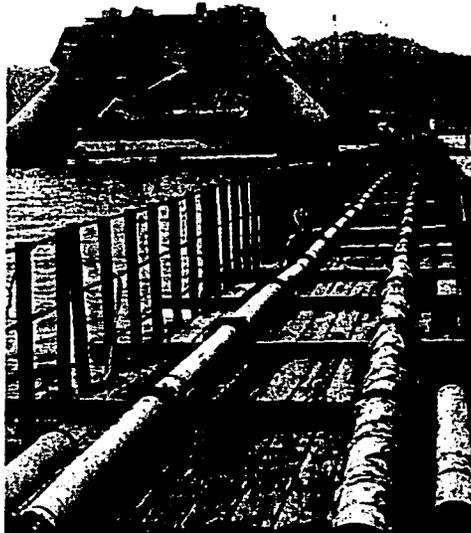
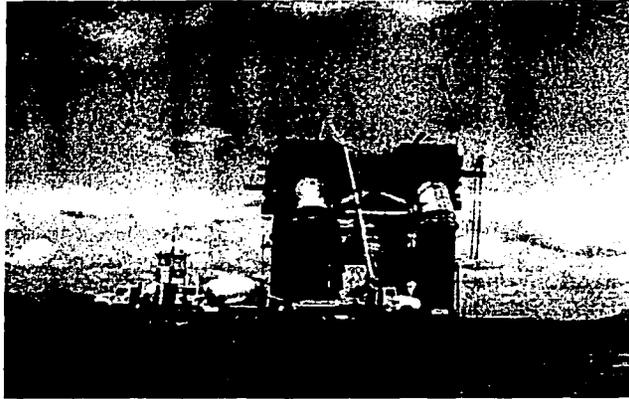
VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

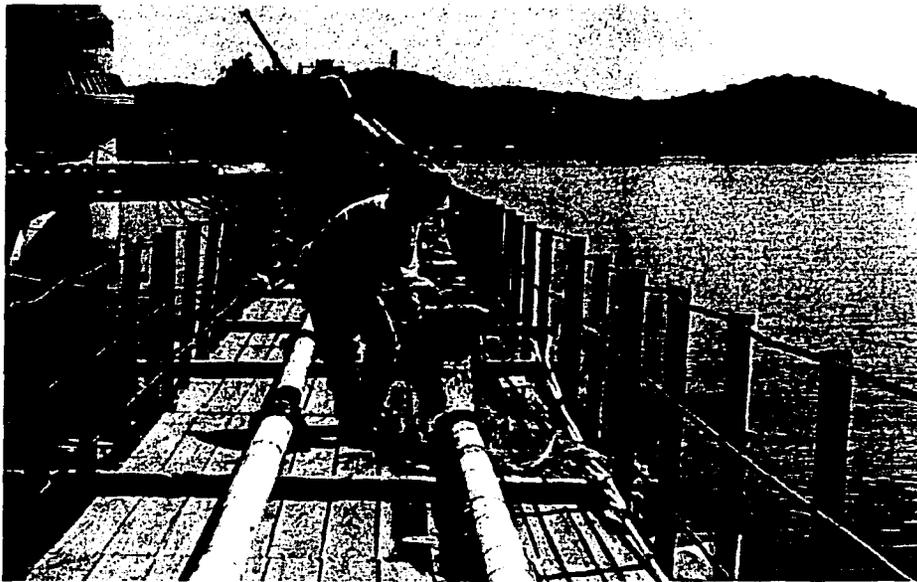
<b>EMPRESA PROYECTO</b>					
<b>INFORME DE PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO</b>				CONTROL DE ARCHIVO	
OBRA:	FRENTE I y II		FECHA DE PRUEBA:	30-Abr-01	
UBICACIÓN:			CAMIÓN PLACAS	1724 BW	
CONSTRUCTORA:			No. DE OLLA:	235	
PLANTA:	ODISA 6000		No. ECONOMICO:	1EB312E0235	
				f'c: 400 Kg/cm <sup>2</sup>	
				REVENIMIENTO 22 ± 3.5	
				T.M.A. 19 mm:	
				TIPO DE CONCRETO RR	
PORCIÓN No.:	1	2	DIF. MÁXIMA ESPECIFICACIÓN ASTM C-94		OBSERVACIONES
<b>PESO UNITARIO</b>					
PESO DEL RECIPIENTE, g	2.810	2.810	± 16	CUMPLE	
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>	0.007215	0.007215			
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO, kg	19.400	19.400			
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg	16.590	16.590			
PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>	2.299	2.299			
DIFERENCIA DE PESO UNITARIO, kg/m <sup>3</sup>	----	0			
<b>CONTENIDO DE AIRE</b>					
AIRE OBTENIDO, %	1.6	1.8	± 1.0	CUMPLE	
DIFERENCIA DE AIRE, %	----	-0.2			
<b>REVENIMIENTO</b>					
REVENIMIENTO OBTENIDO, cm	21.0	20.0	±3.8	CUMPLE	
DIFERENCIA DE REVENIMIENTO, cm	----	1.0			
<b>CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO</b>					
PESO AGREGADO (EN MALLA 4), SSS, kg	5.880	5.800	±06.00	CUMPLE	
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg	16.590	16.590			
PESO AGREGADO GRUESO, %	35.4	35.0			
DIFERENCIA EN %	----	0.4			
<b>PESO UNITARIO DE MORTERO</b>					
PESO MUESTRA DEL RECIPIENTE, kg	16.590	16.590	±01.60	CUMPLE	
PESO AGREGADO (MALLA 4), SSS, kg	5.880	5.800			
VOLUMEN RECIPIENTE, m <sup>3</sup>	0.007215	0.007215			
CONTENIDO DE AIRE, %	1.6	1.8			
DENSIDAD DE GRAVA, SSS	2.66	2.67			
PESO UNITARIO MORTERO kg/m <sup>3</sup>	2190.6	2196.3			
DIFERENCIA EN %	----	-0.3			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION (7 DÍAS)</b>					
ENSAYE No. 1	388	387	±07.50	CUMPLE	
ENSAYE No. 2	386	387			
ENSAYE No. 3	382	393			
PROMEDIO parcial, kg/cm <sup>2</sup>	385	389			
PORCENTAJE CON EL PROMEDIO	96	97			
DIFERENCIA EN %	----	-1			
RESULTADO FINAL	PRUEBAS QUE CUMPLEN		5	DEBEN CUMPLIR 5 DE 6 PRUEBAS	
REFERENCIAS	LUGAR		FECHA DE EMISIÓN:		FOLIO CONSECUTIVO
ASTM C-94	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		Mayo 7, 2001		No. 21
	ELABORÓ	REVISÓ:	AUTORIZÓ:		FORMATO No.
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		CONTROL DE ENTREGA:

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO  
 ABARCA SOLO MUESTRAS DE REFERENCIA  
 DIRECCIÓN

**ANEXO 12**  
**FOTOS DEL EQUIPO DE BOMBEO EMPLEADO EN LOS FRENTES I Y II**







### ANEXO 13

#### **IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO**

En cumplimiento con la normatividad internacional (ISO 14001:1996), el laboratorio de control de calidad, debe tener un procedimiento para identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios; las actividades llegan a generar residuos peligrosos como son el desecho de mortero de azufre o aguas residuales; los productos por su parte, llegan a originar el cambio en el ecosistema como es negativamente el tránsito de especies y favorablemente para el hombre el desarrollo económico, los servicios son la infraestructura que se obtiene al fin de la obra, cabe destacar que la mayor conciencia de protección al ambiente se refleja con el hecho de que cada vez es más frecuente el que jurídica y contractualmente se cite la obligatoriedad de identificar los aspectos ambientales y su impacto.

Así pues, los aspectos ambientales pueden ser significativos cuando son previstos en normas y acuerdos internacionales y/o nacionales, en la ley y en el contrato, ya sea por su impacto en individual en suelo, flora, fauna, agua, aire o en conjunto, lo que genera la condición de riesgo asociado.

Particular importancia adquiere que entre los aspectos ambientales significativos se tome en cuenta su impacto en la comunidad o condiciones sociales, los que se identifican por las inconformidades o quejas que provienen de la sociedad.

Los aspectos no significativos se registran para mantenerlos en vigilancia, ya que en algún momento podrían causar algún impacto ambiental significativo, de ahí que el procedimiento de identificación de aspectos ambientales tomen en cuenta las:

- Emisiones a la atmósfera.
- Descargas de aguas residuales.
- Manejo de residuos.
- Utilización de recursos naturales.
- Incidentes, accidentes y posibles condiciones de emergencia.

Siendo valioso el considerar las condiciones normales y anormales de operación incluyendo los aspectos ambientales que generará el desalojo al terminar el proyecto y dismantelar el laboratorio.

Un modelo de identificación de aspectos ambientales, su interrelación con el proceso y el impacto ambiental se presenta en la siguiente tabla, en la que en el diagrama de bloques clásico de proceso, la "ENTRADA" la conforma el aspecto ambiental, el "PROCESO" es la actividad que se realiza y la "SALIDA" o "PRODUCTO" es el impacto ambiental estimado y/o el riesgo.

El personal del laboratorio de control de calidad el concreto debe conocer la metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales, para prevenir o impedir que ocurra

un impacto ambiental significativo y en su caso mitigar esa eventualidad, dando a los productos o elementos de salida el manejo, tratamiento o disposición oportuna y eficaz.

<b>Obra</b>	Frentes I y II
<b>Fecha</b>	dd/mm/aa

<p><b>Entradas</b></p> <p>Moldes metálicos</p> <p>Desmoldante</p> <p>Estopa o trapo</p> <p>Concreto</p> <p>Varilla de compactación</p> <p>Carretilla</p> <p>Cucharón metálico</p> <p>Pala</p> <p>Agua</p> <p>Cal</p> <p>Mortero de azufre</p> <p>Gas</p> <p>Equipo de seguridad</p>	<p><b>Proceso, actividad o instalación</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>ELABORACIÓN, CURADO, CABECEO Y ENSAYE DE ESPECÍMENES DE CONCRETO</p> </div>	<p><b>Productos</b></p> <p>Especímenes de concreto y resultados de resistencias</p> <p><b>Salidas (a)</b></p> <p>Sólidos contaminados con desmoldante.</p> <p>Desecho de construcción.</p> <p>Agua residual.</p> <p>Azufre de desecho.</p> <p>Emisiones contaminantes a la atmósfera.</p> <p>Temperatura.</p> <p>Basura.</p> <p><b>Riesgos</b></p> <p>Vapores de azufre.</p> <p>Quemaduras, Incendio, Derrames.</p>
---	--	---

**a: aspecto**

<b>Elaboró</b>
----------------

<b>Revisó</b>
---------------

<b>Autorizó</b>
-----------------

VII. Aplicación del Control de Calidad en un Proyecto de Construcción.

Actividad	Aspecto ambiental	Aspecto ambiental agrupado (causa)	Impacto ambiental (efecto)
Elaboración de especímenes de concreto, cabeceo y ensaye	Sólidos contaminados.	Residuos peligrosos	Contaminación al suelo
	Desecho de Construcción.	Residuos peligrosos no	Contaminación al suelo
	Agua residual.	Residuos peligrosos no	Contaminación suelo/agua
	Azufre de desecho.	Residuos peligrosos	
	Emisiones contaminantes a la atmósfera SO <sub>2</sub> .	Emisiones a la atmósfera	Contaminación al aire /atmósfera / salud
	Temperatura.	Emisiones térmicas	Daños a la salud
	Basura.	Residuos peligrosos no	Contaminación al suelo
	Quemaduras	Riesgo	Daños a la salud
	Incendio	Riesgo	Emisiones a la atmósfera
Derrame	Riesgo	Contaminación al suelo	

Elaboró	Revisó	Autorizó





## Conclusiones

## **XI. Conclusiones**

1. En la actualidad, el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto, es un servicio de apoyo para la industria de la construcción, que orienta sus actividades y resultados al cumplimiento del marco jurídico, la calidad del producto y la satisfacción del cliente.
2. El progreso de la ciencia exige al personal del laboratorio una mejora continua y actualización en los diferentes avances científicos y tecnológicos, relacionados con los materiales para fabricación del concreto, sus proporciones, combinaciones, aditivos y productos en el mercado.
3. Un elemento fundamental para el funcionamiento adecuado y confiable de un Laboratorio de Control de Calidad de Concreto es que en él se cuente con un Sistema de Calidad, constituido por normas, procedimientos, instructivos y registros.
4. Para garantizar el cumplimiento de estándares de pruebas de laboratorio, se requiere establecer un programa de mantenimiento y calibración de los equipos en uso.
5. La calibración de los equipos, realizado por empresas certificadas, confiere al equipo trazabilidad, lo que fortalece las características de cumplimiento de los resultados.
6. Contar con el historial de cada equipo, permite conocer oportunamente el estado en que se encuentran e identificar si su funcionamiento es el óptimo para la ejecución de las pruebas identificadas por el cliente.
7. El conocimiento y aplicación de los estándares de pruebas, reglamentos, normas y especificaciones contractuales son herramientas indispensables para que las actividades del Laboratorio de Control de Calidad de Concreto satisfagan las necesidades del cliente.

## Conclusiones.

---

8. Los recursos humanos, instalaciones, equipo, instrumental, insumos y otros elementos que integran el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto deben cumplir totalmente con: reglamentos, normas y especificaciones nacionales e internacionales para trascender como instrumento indispensable en la industria de la construcción.
9. La existencia en el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto de bibliografía actualizada, para capacitación o su pronta consulta, respalda su funcionamiento, eficacia y da confiabilidad a los resultados obtenidos.
10. Los registros generales y específicos codificados, que contienen la información generada por el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto se deben conservar por el período de tiempo que indique el aspecto jurídico, que es de 5 años.
11. El diseño del formato de registro general y específicos deben cumplir integralmente, con la normatividad, a partir de la cual se ha desarrollado el proyecto o la que aplique para las pruebas a realizar.
12. La conciencia de ética profesional entre el personal del laboratorio es necesidad prioritaria durante todas las actividades y resultados del proceso.
13. El ambiente laboral, equipamiento, dotación de elementos de trabajo, capacitación, concientización, planeación de actividades y otras ventajas operativas, son elementos indispensables para satisfacer las necesidades del personal y en consecuencia llevar la productividad a mejores rendimientos, reducción del costo y mejora continua.
14. La selección adecuada de los materiales, todos ellos componentes del concreto, reflejará una economía del concreto o una disminución de los tiempos de espera, lo que repercute en beneficio de los programas de ejecución.

## Conclusiones.

---

8. Los recursos humanos, instalaciones, equipo, instrumental, insumos y otros elementos que integran el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto deben cumplir totalmente con: reglamentos, normas y especificaciones nacionales e internacionales para trascender como instrumento indispensable en la industria de la construcción.
9. La existencia en el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto de bibliografía actualizada, para capacitación o su pronta consulta, respalda su funcionamiento, eficacia y da confiabilidad a los resultados obtenidos.
10. Los registros generales y específicos codificados, que contienen la información generada por el Laboratorio de Control de Calidad de Concreto se deben conservar por el período de tiempo que indique el aspecto jurídico, que es de 5 años.
11. El diseño del formato de registro general y específicos deben cumplir integralmente, con la normatividad, a partir de la cual se ha desarrollado el proyecto o la que aplique para las pruebas a realizar.
12. La conciencia de ética profesional entre el personal del laboratorio es necesidad prioritaria durante todas las actividades y resultados del proceso.
13. El ambiente laboral, equipamiento, dotación de elementos de trabajo, capacitación, concientización, planeación de actividades y otras ventajas operativas, son elementos indispensables para satisfacer las necesidades del personal y en consecuencia llevar la productividad a mejores rendimientos, reducción del costo y mejora continua.
14. La selección adecuada de los materiales, todos ellos componentes del concreto, reflejará una economía del concreto o una disminución de los tiempos de espera, lo que repercute en beneficio de los programas de ejecución.

## Conclusiones.

---

15. Durante el diseño de mezclas de concreto, es recomendable que la información obtenida cuando se analicen los resultados, sirva de referencia para mejorar los concretos.
16. La intervención oportuna del Control de Calidad durante los procesos de fabricación y colocación del concreto permite, en caso de existir acciones preventivas o correctivas, que éstas sean de manera apegada a las necesidades reales de la obra sin salir de lo establecido en el contrato, los estándares de calidad y/o las buenas prácticas de ingeniería.
17. Durante la fabricación del concreto el respaldo del laboratorio es fundamental en la identificación de la calidad de los materiales, su proporción y manejo para obtener un concreto que supere las expectativas del usuario y del cliente.
18. Debido a que el concreto es un material que se ve afectado por la falta de humedad, es necesario que el curado sea aplicado antes de que el concreto se deshidrate y así pueda desarrollar las propiedades para las que fue diseñado.

## **Bibliografía**

1. Burg, G. U., N. J. Carino, *et al.* 1995. Elaboración, Colocación y Protección del Concreto en Clima Caluroso y Frío. ACI 305 y ACI 306. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 84 pp.
2. Cope, J. L., *et al.* 1993. Guía Práctica para la colocación del Concreto. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México.
3. Corley, W. G., *et al.* 1997. Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural y Comentarios. ACI 318-95 y ACI 318R-95. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 7-20 pp.
4. Dixon, D. E., *et al.* 1997. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. ACI 211.1-91. ACI Manual of Concrete Practice Part 1. 211.1-1 – 211.1-20 pp.
5. Guptill, N. R., *et al.* 1999. Bombeo de Concreto. ACI 304. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 49 pp.
6. Kosmatka, S. H., y W. C. Panarese. 1992. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 230 pp.
7. Mather, B., *et al.* 1994. Práctica Estándar para el Curado del Concreto. ACI 308. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 20 pp.
8. Moore, T. L., *et al.* 1998. Especificaciones para el Concreto Estructural. ACI 301-96. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 64 pp.
9. Osyildirim, H. C., *et al.* 1998. Compactación del Concreto ACI 309R-96. Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. México. 70 pp.
10. Bureau Veritas Mexicana, S. A. de C. V. 2000. Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos. ISO 9001/2000. México. 31 pp.

11. Bureau Veritas Mexicana, S. A. de C. V. 1996. Sistemas de Gestión Ambiental-Especificación con Guía para su Uso. ISO 14001/1996. México. 16 pp.
12. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-030-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Agregados-Muestreo". México. 12 pp.
13. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-075-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Agregados-Determinación de la Sanidad por Medio del Sulfato de Sodio o el Sulfato de Magnesio". México. 7 pp.
14. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-077-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Análisis Granulométrico- Método de Prueba". México. 5 pp.
15. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-083-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto". México. 8 pp.
16. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-088-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Agregados-Determinación de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino". México. 4 pp.
17. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-109-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Concreto-Cabeceo de Especímenes Cilíndricos". México. 7 pp.

18. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-156-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Concreto-Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco". México. 5 pp.
19. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-161-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Concreto Fresco-Muestreo". México. 4 pp.
20. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 2000. Norma Mexicana NMX-C-162-ONNCCE-2000 "Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la Masa Unitaria, Cálculo del Rendimiento y Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Método Gravimétrico". México. 9 pp.
21. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-169-1996-ONNCCE "Industria de la Construcción-Concreto-Obtención y Prueba de Corazones y Vigas Extraídos de Concreto Endurecido". México. 7 pp.
22. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-170-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Agregados-Reducción de las Muestras de Agregados Obtenidas en el Campo al Tamaño Requerido para las Pruebas". México. 6 pp.
23. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1998. Norma Mexicana NMX-C-251-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción-Concreto-Terminología". México. 17 pp.

24. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S. C. 1999. Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999 "Industria de la Construcción-Cementos Hidráulicos-Especificaciones y Métodos de Prueba". México. 20 pp.
25. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1990. Norma Oficial Mexicana NOM-C-073-1990 "Industria de la Construcción-Agregados-Masa-Volumétrica Método de Prueba". México. 7 pp.
26. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1983. Norma Mexicana NMX-C-076-1983 "Industria de la Construcción-Agregados-Efecto de las Impurezas Orgánicas en los Agregados Finos sobre la Resistencia de los Morteros-Método de Prueba". México. 8 pp.
27. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1990. Norma Mexicana NOM-C-084-1990 "Industria de la Construcción-Agregados para Concreto-Partículas más Finas que la Criba F 0.075 (No. 200) por Medio de Lavado-Método de Prueba". México. 6 pp.
28. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1988. Norma Oficial Mexicana NOM-C-111-1988 "Industria de la Construcción-Concreto-Agregados-Especificaciones". México. 16 pp.
29. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1982. Norma Mexicana NOM-C-148-1981 "Gabinetes y Cuartos Húmedos y Tanques de Almacenamiento para las Pruebas de Cementantes y Concretos Hidráulicos-Especificaciones". México. 5 pp.
30. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1987. Norma Oficial Mexicana NOM-C-155-1987 "Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico-Especificaciones". México. 18 pp.

31. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1987. Norma Oficial Mexicana NOM-C-157-1987 "Industria de la Construcción-Concreto-Determinación del Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Método de Presión". México. 10 pp.
32. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1985. Norma Oficial Mexicana NOM-C-159-1985 "Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y Curado en el Laboratorio, de Especímenes". México. 18 pp.
33. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1987. Norma Oficial Mexicana NOM-C-160-1987 "Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto". México. 11 pp.
34. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1987. Norma Oficial Mexicana NOM-C-164-1987 "Industria de la Construcción-Agregados-Determinación de la Masa Específica y Absorción de Agua del Agregado Grueso". México. 11 pp.
35. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1984. Norma Oficial Mexicana NOM-C-165-1984 "Industria de la Construcción-Agregados-Masa Específica y Absorción de Agua del Agregado Fino". México. 8 pp.
36. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1986. Norma Oficial Mexicana NOM-C-191-1986 "Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto Usando una Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro". México. 5 pp.
37. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1986. Norma Oficial Mexicana NOM-C-245-1986 "Industria de la Construcción-Agregados-Determinación de las Correcciones en Masa por la Humedad de los Agregados en Dosificaciones de Mezclas de Concreto". México. 8 pp.
38. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1982. Norma Oficial Mexicana NOM-C-283-1982 "Industria de la Construcción-Agua para Concreto-Análisis". México. 18 pp.

39. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1987. Norma Oficial Mexicana NOM-C-290-1987 "Industria de la Construcción-Concreto-Curado Acelerado para Prueba a Compresión de Especímenes". México. 12 pp.
40. Secretaría de Desarrollo Social. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 "Características de los Residuos Peligrosos, Listado de los Mismos y los Límites que Hacen a un Residuo Peligroso por su Toxicidad al Ambiente". México. 34 pp.
41. Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. ASTM C 31/C 31M-96. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
42. Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete. ASTM C 172-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
43. Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. ASTM C 192/C 192M-95. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
44. Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens. ASTM C 617-94. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
45. Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size. ASTM C 702-93. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
46. Specification for Concrete Aggregates. ASTM C 33-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
47. Specification for Ready-Mixed Concrete. ASTM C 94-98. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).

48. Specification for Molds for Forming Concrete Test Specimens Vertically. ASTM C 470-94. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
49. Specification for Chemical Admixtures for Concrete. ASTM C 494-98. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
50. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate. ASTM D 2419-91. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
51. Standard Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes. ASTM C 511-95. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
52. Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate. ASTM C 29/C 29M-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
53. Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. ASTM C 39-96. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
54. Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregate for Concrete. ASTM C 40-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
55. Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading. ASTM C 78-94. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
56. Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar. ASTM C 87-83 (1995). Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).

57. Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate. ASTM C 88-90. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
58. Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. ASTM C 117-95. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
59. Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. ASTM C 125-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
60. Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. ASTM C 127-88 (1993). Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
61. Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. ASTM C 128-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
62. Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. ASTM C 131-96. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
63. Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. ASTM C 136-96a. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
64. Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. ASTM C 138-92. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
65. Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. ASTM C 143/C 143M-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).

57. Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate. ASTM C 88-90. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
58. Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. ASTM C 117-95. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
59. Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. ASTM C 125-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
60. Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. ASTM C 127-88 (1993). Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
61. Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. ASTM C 128-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
62. Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. ASTM C 131-96. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
63. Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. ASTM C 136-96a. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
64. Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. ASTM C 138-92. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
65. Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. ASTM C 143/C 143M-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).

66. Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method. ASTM C 173-94a. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
67. Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method). ASTM C227-97a. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
68. Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method. ASTM C 231-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
69. Test Method for Static Modulus and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. ASTM C 469-94. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
70. Test Method for Total Moisture Content of Aggregate by Drying. ASTM C 566-97. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
71. Test Method for Making, Accelerated Curing and Testing Concrete Compression Test Specimens. ASTM C 684-96. Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).
72. Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete. ASTM C 1064-86 (1993). Annual Book of ASTM Standards. (1998) Vol. 04.02. [www.astm.org](http://www.astm.org). (2001).