



207
175

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

TRABAJO ESCRITO PARA:

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

presenta

JACOBO JAVIER ROMERO PEREZ

México, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-300 T.E.

Al Pasante señor JACOBO JAVIER ROMERO PEREZ,
P r e s e n t e .

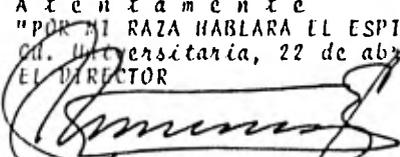
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Alberto Coria Ilizaliturri, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES"

- 1) Definición y tipos de control.
- 2) Objeto de los controles.
- 3) Descripción de controles.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 22 de abril de 1982
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/08/82/ser ..

INDICE

	Pág.
I.- INTRODUCCION. - - - - -	1
II.- ASPECTOS LEGALES DE LA INGENIERIA CIVIL.- -	2
III.- DEFINICION Y TIPOS DE CONTROL DE CALIDAD. -	11
IV.- OBJETO DEL CONTROL DE CALIDAD.- - - - -	15
V.- DESCRIPCION DE CONTROLES DE CALIDAD. - - -	23
VI.- BIBLIOGRAFIA. - - - - -	38

I.- INTRODUCCION

CONTROL DE CALIDAD

I.- INTRODUCCION: En este trabajo se hablará del Control de Calidad de los materiales en la Industria de la Construcción, desde dos puntos de vista, se tratarán aspectos legales y aspectos técnicos. Uno de los principales objetivos es estudiar el Control de Calidad como una actividad ingenieril dentro de un marco jurídico, para lo cual es necesario hacer una breve descripción del sistema jurídico en México, orientado al ejercicio de la Ingeniería Civil.

La Constitución Política de los Estados Unidos de México es la Ley fundamental que rige todos los aspectos de la vida del país. Para poder profundizar en cierta actividad - tanto de circunstancia, como de lugar, surgen las Leyes Secundarias, por ejemplo: Las Leyes Federales, Leyes Locales, Ley de Profesiones, etc. Códigos como el Civil, Penal, etc. Así como Reglamentos, siendo un caso el Reglamento de Construcciones, así como sus Normas Técnicas Complementarias. De las cuales se hablará más ampliamente debido a la ingerencia de la Ingeniería Civil en cada una de ellas.

En el aspecto técnico se hablará del Control del Concreto y del Acero por ser los materiales más importantes en la Industria de la Construcción.

II.- ASPECTOS LEGALES DE LA INGENIERIA CIVIL

II.- ASPECTOS LEGALES DE LA INGENIERIA CIVIL.

Para tratar este punto se hará un somero sondeo de la ing
rencia de la Ingeniería Civil en el Sistema Jurídico de Mé
xico.

Los artículos más importantes de la Constitución Política
de los Estados Unidos de México para el ejercicio de la In
geniería Civil son:

NOTA: Se suprimirá el texto de los
artículos y los comentarios
son de carácter orientador -
únicamente.

Artículo 4 Capítulo I.- Este artículo establece la -
libertad de ocuparse en cual
quier profesión lícita (Inge
niería Civil).

Artículo 27 Capítulo I.- Este artículo versa sobre la
tenencia de las tierras y -
aguas por parte de la Nación
y de la propiedad privada.
(Existen obras civiles de -

na obra).

Artículo 121 Título V.- Determina la validez de un -
Título Profesional en todos
los estados. (Un Ingeniero
Civil Titulado en el Distri-
to Federal puede ejercer en
cualquier estado de la Repú-
blica Mexicana, o viceversa
y de cualquier estado en - -
cualquier otro).

Artículo 123 Título VI.- Establece todo lo consernien-
te a la relación Obrero-Pa--
trón.

De las Leyes Secundarias podemos citar el Código Civil en
el cual, entre otros puntos, se pueden tomar aspectos de
obligaciones y responsabilidades de los Contratistas y -
Constructores, las cuales quedan asentadas en los Contra-
tos. del Código Penal podemos determinar sanciones por el
incumplimiento de alguno de los artículos del Código Ci--
vil.

El reglamento de construcción, así como sus normas técnicas complementarias, surge como una necesidad de fijar requisitos mínimos, para satisfacer la seguridad, higiene, -comodidad y estética pública. Para determinar su alcance y facultades, así como sus reformas, tomaremos los tres -primeros artículos.

Artículo 1.- Alcance. Las obras de construcción, instala
ción, modificación, ampliación, reparación y demolición, -
así como el uso de los inmuebles, y los usos, destinos y -
reservas de los predios del territorio en el Distrito Fede
ral, se sujetaran a las disposiciones de la Ley del desar-
rollo urbano en el Distrito Federal y de este reglamento.

De conformidad con el artículo 2 de la Ley de desarrollo -
urbano, se declara de utilidad pública e interés social el
cumplimiento y observancia de las disposiciones de este re
glamento, de sus Normas Técnicas Complementarias y de las
demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables en
materia de planificación, seguridad, estabilidad e higie--
ne, así como las limitaciones y modalidades que se impon--
gan al uso de los terrenos o de las edificaciones de pro--
piedad pública o privada.

Para los fines de este reglamento, se designará a la Ley - del Desarrollo urbano del Distrito Federal como "La Ley" a la "Ley Orgánica" del Departamento del Distrito Federal como "Ley Orgánica" al "Plan director para el desarrollo urbano" como "El plan director" al Departamento del Distrito Federal, como "El Departamento" y al reglamento de Cons---trucciones, como "El Reglamento".

Artículo 2.- Facultades. De conformidad a lo dispuesto - por la Ley y por la Ley Orgánica, la aplicación y vigilan- cia del cumplimiento de las disposiciones de este reglamento corresponderá al Departamento por lo cual tendrá las siguientes facultades:

I.- Fijar los requisitos técnicos a que deberán sujetarse las construcciones e instalaciones en predios y vías públicas, a fin de que satisfagan las condiciones de seguridad, higiene, comodidad y estética.

II.- Establecer de acuerdo con las disposiciones legales - aplicables, los fines para los que se pueda autorizar el - uso de los terrenos y determinar el tipo de construcciones que se puedan levantar en ellos, en los términos de los artículos 14o. y 15o., y demás relativos de la Ley.

III.- Otorgar y negar Licencia y permisos para la ejecución de las obras a que se refiere el artículo 1o. de este Reglamento.

IV.- Llevar un registro clasificado de Directores responsables de Obra.

V.- Realizar inspecciones a las obras en proceso de ejecución o terminados.

VI.- Practicar inspecciones para verificar el uso que se haga de un predio, estructura, instalación, edificio o construcción.

VII.- Acordar las medidas que fueren procedentes en relación con los edificios peligrosos, malsanos o que causen molestias.

VIII.- Autorizar o negar de acuerdo con este reglamento la ocupación o el uso de una estructura, instalación, edificio o construcción.

IX.- Realizar a través del Plan Director al que se refiere la Ley, los estudios para establecer o modificar las limita

ciones respecto a los usos, destinos y reservas de construcción, tierras, aguas y bosques y determinar las densidades de población permisibles.

X.- Ejecutar las obras que hubiere ordenado realizar y que los propietarios, en rebeldía no las hayan llevado a cabo.

XI.- Ordenar la suspensión temporal o la clausura de obras en ejecución o terminadas y la desocupación en los casos previstos por la Ley y este Reglamento.

XII.- Ordenar y ejecutar demoliciones de edificaciones en los casos previstos por este Reglamento.

XIII.- Imponer las sanciones correspondientes por violaciones a este Reglamento.

XIV.- Expedir y modificar, cuando lo considere necesario. Las Normas Técnicas Complementarias, los acuerdos, instructivos, circulares y demás disposiciones o administrativas que procedan para el debido cumplimiento del presente Reglamento.

XV.- Utilizar la fuerza pública cuando fuere necesario pa-

ra hacer cumplir sus determinaciones; y

XVI.- Las demás que le confieren este Reglamento y las --
disposiciones legales aplicables.

Artículo 3.- COMISION DE ESTUDIOS SOBRE REFORMAS AL REGLAM
MENTO DE CONSTRUCCIONES.- El Departamento, para el estu--
dio y propuesta de Reformas al presente Reglamento, podrá
integrar una comisión que designará el Jefe del Departa---
mento del Distrito Federal.

La comisión podrá ampliarse con representantes de asocia--
ciones profesionales u otros organismos e instituciones -
que a su juicio sean convenientes. En este caso el Depar--
tamento contará con igual número de representantes.

Todos los miembros de la Comisión deberán satisfacer los -
requisitos del artículo 4o., pero en ambos casos, uno de -
los representantes del Departamento, deberá ser abogado.

El Jefe del Departamento del Distrito Federal determinará
entre los designados por la Dependencia al que presidirá -
la Comisión.

Cabe mencionar que este Reglamento tiene un carácter técnio

co-administrativo, quedando de manifiesto la necesidad de la creación de un "Reglamento" con carácter Técnico-Jurídico, para tener más elementos de Juicio en apoyo de delitos.

III.- DEFINICION Y TIPOS DE CONTROL DE CALIDAD.

III.- CONTROL DE CALIDAD.

En la construcción la palabra Calidad no tiene un significado superlativo, sino que, se puede determinar de acuerdo a la necesidad que se tenga, esta necesidad se patentiza en el proyecto, tomando en cuenta las normas de calidad establecidas, las cuales denominaremos estándares. Así, el Control de Calidad lo definiremos como el conjunto de actividades tendientes a comparar la ejecución del proyecto con los estándares, y de esta manera poder determinar la aceptación, corrección o rechazo de lo ejecutado.

De la definición anterior podemos establecer cuatro puntos importantes en el proceso del Control de Calidad.

Determinación de estándares.

Comparación de los resultados reales con los estándares.

Aceptación, corrección o rechazo de lo realizado.

Mejoramiento de los estándares.

Determinación de los estándares.- Para mayor claridad -- tomaremos la elaboración del concreto como ejemplo.

Para pruebas de resistencia a la compresión $F'c$ (Kg/cm²), - como estándar. La cual se define como:

El valor de la resistencia que tiene el 20% de probabilidad de no ser alcanzada, en la gráfica de densidad de probabilidad.

Este estándar queda establecido en el Reglamento de Construcción con la siguiente leyenda: "El Concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo del valor de la resistencia a la compresión especificada del concreto $F'c$ (Kg/cm^2).

Comparación de los resultados reales con los estándares.

Para poder llevar a cabo este punto principal es necesario obtener muestras representativas de la obra. Una vez obtenidas se procede a correlacionar los resultados de las muestras con el estándar. Las muestras se elaboran y se prueban bajo las especificaciones establecidas, punto tratado y detallado en el punto de descripción de controles. Los principales indicadores obtenidos en estas pruebas, son la desviación estándar y la media \bar{F}_c y resistencia especificada $F'c$.

Aceptación, Corrección o Rechazo de lo realizado.- Para poder determinar si el concreto probado se acepta, se corrige

o se rechaza hay que saber interpretar los indicadores obtenidos, así como, establecer el grado de veracidad de las -- condiciones determinadas para elaboración de las muestras. Como ejemplo de justificación para admitir pruebas de resistencia que resulten inferiores, citaremos las consideraciones que hace el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

1.- Puede ser que el muestreo, el curado y las pruebas de los cilindros de concreto no se hayan efectuado correctamente y que, por lo tanto, no representan al concreto en la estructura. Además, se sabe que frecuentes discrepancias en los métodos estándar de fabricación y pruebas de cilindros tienden a disminuir el verdadero valor de la resistencia de un cilindro.

2.- Si un porcentaje menor, en nuestro caso 20% de las -- pruebas resulta inferior a $F'c$, el porcentaje mayor (80%) de las pruebas será superior a $F'c$ y la mayor parte de -- ellas será considerablemente mayor que $F'c$. Existe una probabilidad del 80% de que el concreto con resistencia mayores a $F'c$ quede colocado en zonas de esfuerzos críticos.

3.- En las ecuaciones de diseño se usan factores de Seguridad que permiten desviaciones de las resistencias especifi-

cadras, sin poner en peligro la seguridad de la estructura.

Mejoramiento de los estándares.- Este se hace conforme al avance de las investigaciones que se llevan a cabo sobre el comportamiento de los materiales. En el caso del concreto existen sustancias químicas que ayudan a aumentar su resistencia, estas sustancias se denominan aditivos.

Tipos de Control.- El Control de Calidad se puede llevar a cabo mediante técnicas estadísticas, pruebas de laboratorio o simple inspección.

Técnicas Estadísticas.- Estas técnicas nos sirven para evaluar los resultados de las pruebas del concreto, por ejemplo, en campo. Según la información que se desea obtener. Los indicadores principales obtenidos son la media y desviación estándar.

Pruebas de Laboratorio.- Mediante estas pruebas se determina el estado químico y físico de los materiales.

Inspección.- Es una forma somera de establecer el estado físico de los materiales.

IV.- OBJETO DEL CONTROL DE CALIDAD.

IV.- OBJETO DEL CONTROL DE CALIDAD.

El principal objetivo del Control de Calidad es cuidar que la ejecución de cualquier proyecto, se lleve a cabo dentro de los lineamientos de seguridad pública que establece la Ley; mediante el Reglamento de Construcción y sus Normas -- Técnicas Complementarias; las cuales, para el caso del concreto establecen lo siguiente:

El control se basará en las resistencias a compresión axial de cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con las Normas DGN C159 y DGN C83, en un laboratorio aceptado por el Departamento del Distrito Federal. Si el concreto se elaboró con cemento tipo I, los ensayos se efectuarán a los 28 días de edad, y si con cemento tipo III o se usaron acelerantes, a los 14 días.

Para cada clase de concreto se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada cuarenta metros cúbicos de concreto. De cada muestreo se fabricará y ensayará una pareja de cilindros.

Se admitirá que las características de resistencia del concreto correspondiente a un día de colado cumplen con la resistencia especificada $F'c$, si ninguna pareja de cilindros

(definida en el párrafo anterior) da una resistencia media inferior a $F'c - 50 \text{ Kg/cm}^2$, y además, cuando el número de - - muestras es 3 ó más si los promedios de resistencia de to-- dos los conjuntos de tres parejas consecutivas de ese día - no son menores que $F'c - 17 \text{ Kg/cm}^2$.

Se verificará el peso volumétrico del concreto en muestras representativas.

Los materiales de un concreto deben proporcionarse para una resistencia media, $\bar{F}c$ mayor que la especificada $F'c$. La re sistencia media, necesaria para lograr un cierto valor de - $F'c$ se tomará como el mayor de los valores suministrados - por las expresiones siguientes:

$$\bar{F}c = F'c + 0.85 \sqrt{c}$$

$$F_c = F'c + 2.33 \sqrt{c - 50} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

En estas expresiones \sqrt{c} es la desviación estándar de la re sistencia a compresión del concreto. Su valor se determina rá a partir de antecedentes basados en los ensayos de no - menos de 30 parejas de cilindros que representan un concre to cuya resistencia especificada no difiere en más de 70 Kg /cm² de la especificada para el trabajo propuesto, y fabri-

cado con materiales, procedimientos y control similares a los del trabajo en cuestión. Si no se cuenta con tales antecedentes, la desviación estándar puede tomarse de la siguiente tabla.

DESVIACION ESTANDAR DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN KG/CM^2

Procedimiento de fabricación	$F'c \leq 200 \text{ Kg}/\text{cm}^2$	$200 < F'c \leq 300 \text{ Kg}/\text{cm}^2$
Mezclado mecánico, <u>proporcio</u> namiento por peso, correc--- ción por humedad y absorción de los agregados. Agregados de una misma fuente y de ca- lidad controlada.	30	35
Mezclado mecánico <u>proporcio</u> namiento por peso.	35	45
Mezclado mecánico, <u>proporcio</u> namiento por volumen; <u>volúme</u> nes cuidadosamente controla- dos.	60	70

Cuando las resistencias medidas de algunas parejas de cilindros resulten menores que $F'c - 50 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ se permitirá extra-

er y ensayar corazones, de acuerdo con la norma DGNC169 del material en la zona representada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán tres corazones por cada pareja de cilindros cuya resistencia media resulte menor que $F'c-50 - Kg/cm^2$. La humedad de los corazones al probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

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

Como se dijo anteriormente el Reglamento determina únicamente los requisitos técnicos mínimos necesarios para la seguridad y servicio de las obras. En el caso de obras, que debido a su importancia, requieren un margen de seguridad ma-

yor, es necesario elaborar especificaciones generales de -- obra propias.

A continuación se mencionarán algunos puntos de las especificaciones generales de obra de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos para el control del concreto, para ejemplificar la diferencia de requisitos a la que se hace mención:

Un concreto elaborado cumple con la F'c de proyecto si a los 28 días de edad, satisface lo indicado a continuación:

a).- Cuando se trate de elementos que trabajen predominantemente a flexión, tales como zapatas, contratrabes, trabes, muros, losas, etc.; el promedio de las resistencias de cada grupo de cinco muestras consecutivas obtenidas del concreto colado en un día, curadas en el laboratorio, deberá ser por lo menos igual a F'c. Se requieren como mínimo cinco muestras, de cada clase de concreto colado en un día y/o por cada cincuenta metros cúbicos de concreto. Las muestras se obtendrán de bachadas escogidas al azar y cada una deberá constar de dos especímenes obtenidos de la misma bachada. El número total de muestras de cada clase de concreto será como mínimo de diez.

b).- Cuando se trate de elementos tales como columnas, ca-

balletes, pilas, pilotes, arcos o elementos preesforzados, en que predominen los esfuerzos por compresión a lo largo - de todo el elemento, el promedio de las resistencias de cada grupo de tres muestras consecutivas obtenidas del concreto colado en un día, curadas en el laboratorio, deberá ser por lo menos igual a F'c. Se requieren cuando menos cinco muestras de cada clase de concreto colado en un día y/o por cada cincuenta metros cúbicos de concreto. Las muestras se obtendrán de bachadas escogidas al azar y cada una deberá - constar de dos especímenes obtenidos de la misma bachada. El número total de muestras que sean de la misma clase de - concreto será como mínimo de diez.

c).- Además, para los elementos que se considerarán en los dos párrafos anteriores, cuando el coeficiente de variación de la totalidad de las muestras sea igual o menor de quince centésimos. Se entiende por coeficiente de variación (cv), al cociente que resulta de dividir la desviación estándar - (s) entre el promedio de las resistencias obtenidas (m) o - sea:

$$CV = \frac{s}{m}$$

La primera determinación del coeficiente de variación se ha

rá con los resultados obtenidos de un mínimo de diez muestras.

d).- Cuando se trate de elementos estructurales tales como guarniciones, parapetos, diagramas, diafragmas, dalas, castillos, muros de cabeza, recubrimientos de cunetas, lavaderos, banquetas y losas de alcantarillas hasta de dos metros de luz cuyos volúmenes sean inferiores a cinco metros cúbicos se tomarán como mínimo cuatro especímenes procedentes - cada uno de diferentes bachadas debiendo satisfacerse que - el promedio de sus resistencias sea cuando menos igual a - $F'c$.

Otro objetivo del control de calidad es actualizar las especificaciones de acuerdo al avance en las técnicas tanto de elaboración como de control.

El control de calidad ayuda al ingeniero a tomar decisiones correctas, a pesar de trabajar con materiales tan heterogéneos como el concreto. Ayuda también a encontrar causas - de variación en la calidad del producto.

Legalmente es una medida preventiva de gran importancia, debido a la falta del Reglamento de tipo técnico-jurídico "Re

glamento de Ingeniería Legal" al que hacíamos mención anteriormente.

V.- DESCRIPCION DE CONTROLES DE CALIDAD.

V.- DESCRIPCION DE CONTROLES.

Como se mencionó al principio de este trabajo se describirán las pruebas más importantes del concreto y del acero, por ser los materiales más utilizados en las construcciones del país.

El concreto es un material pétreo artificial, que se obtiene de la mezcla de cemento, agregados y agua. Su principal característica es su resistencia a la compresión.

En la práctica las dos pruebas que se le hacen al concreto son: Pruebas de revenimiento para determinar su grado de plasticidad; y la prueba de compresión para determinar su resistencia a la misma.

Prueba de revenimiento.- Mediante esta prueba se determina el grado de fluidez del concreto. El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

El equipo consta de un cono truncado de lámina metálica de 30 cm. de altura, el diámetro superior de 10 cm. y el inferior de 20 cm. A los costados tiene un par de asas para poder maniobrarlo. Una varilla redonda y lisa de 5/8 de pulgada.

Una vez obtenida la bachada del concreto que se prueba, se coloca el cono en una superficie horizontal y limpia para llenarlo con el concreto en tres capas iguales, picando cada una de ellas 25 veces con la varilla, después se enrasa la parte superior del cono y se levanta este último dejando a la mezcla que tome su acomodo natural, por último se mide la diferencia de alturas entre el cono y la masa de concreto. A dicha diferencia se le llama revenimiento. Los revenimientos recomendables para diferentes elementos estructurales son:

<u>Elementos Estructurales.</u>	<u>Revenimiento (cm).</u>	
	<u>Máximo.</u>	<u>Mínimo</u>
Muros de Cimentación y zapatas reforzadas.	12.5	5.0
Zapatas masivas, cajones y muros de subestructuras.	10.0	2.5
Losas, vigas y muros reforzados.	15.0	7.5
Columnas de edificios.	15.0	7.5
Pavimentos.	7.5	5.0
Construcción masiva pesada.	7.5	2.5

Estos revenimientos son representativos y se determinaron por la cantidad de acero de cada elemento, así como, su ta-

maño y forma, ya que estas características son los parámetros más importantes en la elección del revenimiento. De lo anterior podemos decir; que una columna reforzada necesita más fluidez del concreto, para poder llenar los huecos entre el acero y la cimbra que una zapata masiva.

Prueba de Compresión del Concreto.

Esta prueba es la más importante que se le hace al concreto. Los especímenes que se prueban se hacen de la siguiente manera: Se utiliza un molde metálico o de cartón encerado, para evitar absorbencias, de forma cilíndrica de 15 cm. de diámetro en caso de que el agregado grueso no sea mayor de 5 cm., si lo es, el diámetro del cilindro debe ser cuando menos el triple del tamaño máximo nominal del agregado, su longitud será igual al doble del diámetro. Una vez obtenida la bachada del concreto que se prueba, se coloca el molde en una superficie horizontal y limpia para llenarlo de concreto en tres partes iguales y picando cada una de ellas 25 veces con ayuda de una varilla redonda y lisa de 5/8 de pulgada de diámetro y 60 cm de longitud con el extremo redondeado. Después se enrrasa el molde con una cuchara o llana y se cubre con vidrio o metal plano; después de dos a cuatro horas, ya que ha fraguado el concreto, se termina la parte superior con cemento y se vuelve a cubrir. Se lle

van al laboratorio y se curan en condición húmeda a 21 grados centígrados, una vez permanecido 24 horas en el sitio en que se hicieron.

Cuando tengan la edad prevista para probarlos, generalmente 7 ó 28 días, se cabecean con azufre, para que al aplicarles el esfuerzo sea uniforme en toda el área transversal y así evitar resultados falsos.

La máquina donde se prueban tendrá una velocidad de aplicación de la carga de 1.5 a 3.5 Kg/cm² seg., y deberá estar provista de dos bloques de apoyo de acero, uno de asiento esférico que se apoyará sobre la parte superior del espécimen y el otro es un bloque rígido sencillo sobre el que descansa el espécimen. El diámetro del espécimen de prueba se deberá determinar con una aproximación de 0.1 cm., promediándolo dos diámetros medidos en ángulo recto entre sí, este diámetro promedio se usará para calcular la sección transversal. Al hacer fallar el espécimen se anotará la carga máxima, el tipo de falla y la apariencia del concreto. Se calcula la resistencia a la compresión dividiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal promedio y el resultado se expresa con una aproximación de 1 - Kg/cm².

El reporte deberá incluir: Número de identificación del espécimen, diámetro del espécimen, área de la sección transversal en cm^2 , carga máxima en Kg., resistencia a la compresión en Kg/cm^2 , tipo de fractura, en caso de no ser la cónica usual; defectos ya sea en el espécimen o en el cabeceo y edad del espécimen fallado.

El número de especímenes probados se determinará de acuerdo al tamaño de la obra, así como el elemento estructural de que se trate, como se vió en las especificaciones de obra del punto anterior.

Técnicas estadísticas para la evaluación de los resultados de pruebas del concreto.

La resistencia del concreto se ajusta a determinada pauta de la curva de frecuencia de distribución normal (forma acampanada). Esta distribución es simétrica respecto al promedio, quedando la mayoría de las pruebas cerca del promedio.

La forma de la curva típica de distribución de frecuencia depende de la variabilidad de los resultados de prueba, medida mediante la desviación estándar \sqrt{V} . Al aumentar la variabilidad la curva se abate y se alarga. Cuando la va-

riabilidad es pequeña, los valores de resistencia, se aglomeran al rededor del promedio y la curva es alta y angosta.

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada del promedio de la desviación al cuadrado de los resultados de prueba y se calcula con la fórmula siguiente:

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Dónde:

x_1, x_2, x_n . Son valores individuales de las pruebas de resistencia.

\bar{x} Es la resistencia promedio.

n . Es el número de pruebas.

Observese que se emplea $(n-1)$, en ves de n , para compensar la inseguridad proveniente de lo pequeño de la muestra. -
 Cuando el número de pruebas es grande, existen métodos que simplifican la ecuación de la desviación estándar.

Una vez obtenida la desviación estándar, se tiene información valiosa acerca de la curva de probabilidad normal. En la fig. 1 se muestra una curva teórica característica en -

forma de campana, donde los valores de \bar{V} se han indicado gráficamente.

Cualquiera que sea la forma de la curva teórica y el valor del área bajo la curva entre $(\bar{x} + \bar{V})$ y $(\bar{x} - \bar{V})$ será siempre el 68.2 por ciento del área total bajo la curva, y el área bajo la curva entre $(\bar{x} + 2\bar{V})$ y $(\bar{x} - 2\bar{V})$ será igual al 95.4 por ciento del total. Si consideramos solamente la mitad de la curva bajo \bar{x} , el 34.1 por ciento del área quedará entre \bar{x} y $(\bar{x} - \bar{V})$, y de ahí se deduce que el 15.9 por ciento del área de la curva quedará por debajo de $(\bar{x} - \bar{V})$.

Paradine y Rivett adaptaron la tabla 1 a la tabla de la integral de probabilidad normal pero se alteró para mostrar el porcentaje de las pruebas de resistencia del concreto -- que quedan abajo de desviaciones arbitrarias de \bar{x} , en vez de puntos de la curva teórica. En dicha tabla la resistencia especificada $F'c$ es constante y \bar{x} aumenta en incrementos de $0.1 \bar{V}$.

Se ha establecido que el 15.9 por ciento de las pruebas queda por debajo de $(\bar{x} - \bar{V})$. En la tabla 1 se demuestra que si:

$$\bar{x} = F'c + \bar{V}$$

entonces $F'c = \bar{x} - \bar{V}$

Y el 15.9 por ciento de las pruebas quedará por debajo de $F'c$.

Esta tabla sirve para establecer el promedio de resistencias requerido y también para determinar la probabilidad de pruebas inferiores a $F'c$ que pueden aparecer en un proyecto, cuando se conoce el valor de \bar{V} .

División del área situada debajo de la curva de distribución de frecuencia normal, basada en desviaciones de \bar{X} en múltiplos de \bar{V} .

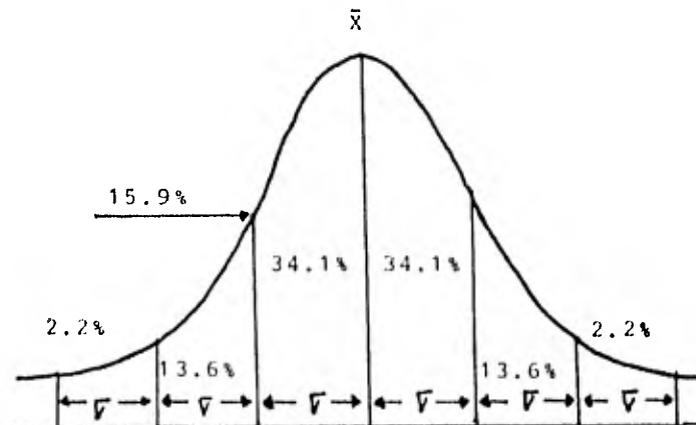


Fig. 1

Tabla 1. Porcentajes inferiores a $f'c$ esperados en los resultados de las pruebas.

Resistencia Promedio \bar{x}	Porcentaje de - Resultados bajos	Resistencia Promedio \bar{x}	Porcentaje de Resultados bajos.
$f'c+0.10$ ✓	46.0	$f'c+1.6$ ✓	5.5
$f'c+0.20$ ✓	42.1	$f'c+1.7$ ✓	4.5
$f'c+0.30$ ✓	38.2	$f'c+1.8$ ✓	3.6
$f'c+0.40$ ✓	34.5	$f'c+1.9$ ✓	2.9
$f'c+0.50$ ✓	30.9	$f'c+2.0$ ✓	2.3
$f'c+0.60$ ✓	27.4	$f'c+2.1$ ✓	1.8
$f'c+0.70$ ✓	24.2	$f'c+2.2$ ✓	1.4
$f'c+0.80$ ✓	21.2	$f'c+2.3$ ✓	1.1
$f'c+0.90$ ✓	18.4	$f'c+2.4$ ✓	0.8
$f'c+$ ✓	15.9	$f'c+2.5$ ✓	0.6
$f'c+1.1$ ✓	13.6	$f'c+2.6$ ✓	0.45
$f'c+1.2$ ✓	11.5	$f'c+2.7$ ✓	0.35
$f'c+1.3$ ✓	9.7	$f'c+2.8$ ✓	0.25
$f'c+1.4$ ✓	8.1	$f'c+2.9$ ✓	0.19
$f'c+1.5$ ✓	6.7	$f'c+3.0$ ✓	0.13

En caso de que sea necesario hacer pruebas de carga, en el caso de encontrar resistencias erráticas tanto en especímenes de prueba como en corazones, el reglamento establece el

siguiente procedimiento para realizar las pruebas.

Para realizar una prueba de carga en estructuras, de acuerdo con la consideración de carga ante la cual desee verificarse la seguridad, se seleccionarán la forma de aplicación de la carga y la zona de la estructura sobre la cual se aplicará. Cuando se trate de verificar la seguridad de elementos o conjuntos que se repiten, bastará seleccionar el 10 por ciento de ellos pero no menos de tres, distribuidos en distintas zonas de la estructura. La intensidad de la carga de pruebas deberá ser igual a la de diseño. La zona en que se aplique será la necesaria para producir en los elementos o conjuntos seleccionados los efectos más desfavorables.

Previamente a la prueba se someterán a la aprobación del Departamento, el procedimiento de carga y el tipo de datos que se recabarán en dicha prueba, tales como deflexiones, vibraciones y agrietamientos.

Para verificar la seguridad ante cargas permanentes, la carga de prueba se dejará actuando sobre la estructura no menos de 24 horas. Se considerará que la estructura ha fallado si ocurre colapso, una falla local o un incremento lo

cal brusco de desplazamiento o de la curvatura de una sección. Además si 24 horas después de quitar la sobrecarga - la estructura no muestra una recuperación mínima de setenta y cinco por ciento de sus deflexiones, se repetirá la prueba. La segunda prueba de carga no debe iniciarse antes de setenta y dos horas de haberse terminado la primera.

Se considera que la estructura ha fallado si después de la segunda prueba la recuperación no alcanza, en 24 horas, el setenta y cinco por ciento de las deflexiones debidas a dicha segunda prueba.

Si la estructura pasa la prueba de carga, pero como consecuencia de ello se observan daños tales como agrietamiento - excesivo, deberá repararse localmente y reforzarse.

Podrá considerarse que los elementos horizontales han pasado la prueba de carga, aún si la recuperación de las flechas no alcanzan el setenta y cinco por ciento, siempre y cuando la flecha máxima no exceda de dos milímetros ó $1^2/20,000 h$, donde 1 es el claro libre del miembro que se ensaya y h su peralte total en las mismas unidades; en voladizos se tomará 1 como el doble del claro libre.

En caso de que la prueba no sea satisfactoria, deberá pre--

presentarse al Departamento un estudio proponiendo las modificaciones pertinentes y una vez realizadas éstas se llevarán a cabo una nueva prueba de carga.

Durante la ejecución de la prueba de carga deberán tomarse las precauciones necesarias para proteger la seguridad de las personas y del resto de la estructura, en caso de falla de la zona ensayada.

Pruebas de Acero.

El acero es un material muy utilizado en la construcción, debido a que tiene una alta resistencia a la tensión y a la compresión, así como una gran conductibilidad.

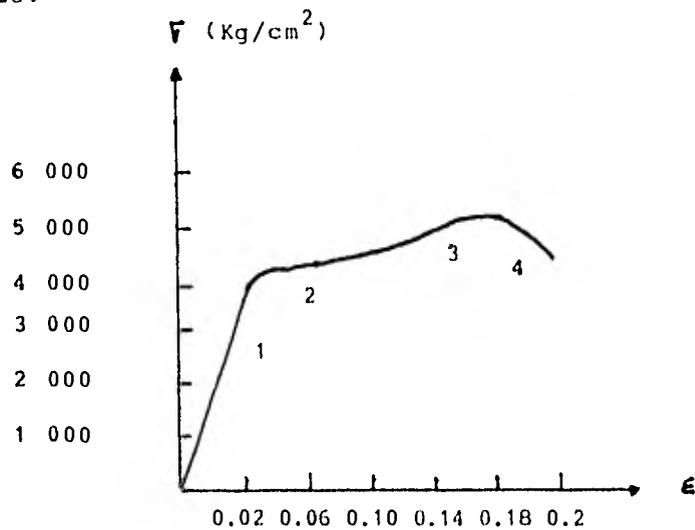
Por ser un material tan homogéneo no requiere de pruebas en obras chicas, en obras grandes la prueba que más se practica al acero es la prueba de tensión.

A diferencia del concreto, las pruebas de falla tienen una desviación estándar " σ " baja, debido a dicha homogeneidad.

Prueba de Tensión.

Mediante esta prueba se determina el esfuerzo de fluencia - del acero F_y , este índice de resistencia se obtiene dándole al espécimen probado una velocidad de carga especificada, - se mide además de formaciones, generalmente en una longitud de 20 cm. El esfuerzo de fluencia se calcula sobre la base del área nominal.

La curva típica resultante de la prueba de tensión es la siguiente:



En esta curva se presentan cuatro zonas bien definidas.

La primera comprende desde el origen hasta el límite inferior de fluencia, en esta zona se cumple con la Ley de Hooke $V = E \epsilon$ y se denomina la zona elástica.

El segundo tramo es la zona de fluencia, en la que a mayor - deformación, el esfuerzo no aumenta notablemente, esta zona está comprendida entre el límite superior y el límite inferior de fluencia.

El tercer tramo es el de endurecimiento, en el cual aumenta el esfuerzo como la deformación y en esta zona se obtiene - el punto de máxima resistencia.

La cuarta zona es de forma descendente, hasta llegar a la - fractura del material.

El esfuerzo de fluencia se obtiene de esta gráfica y es el que corresponde al límite inferior de la zona de fluencia.

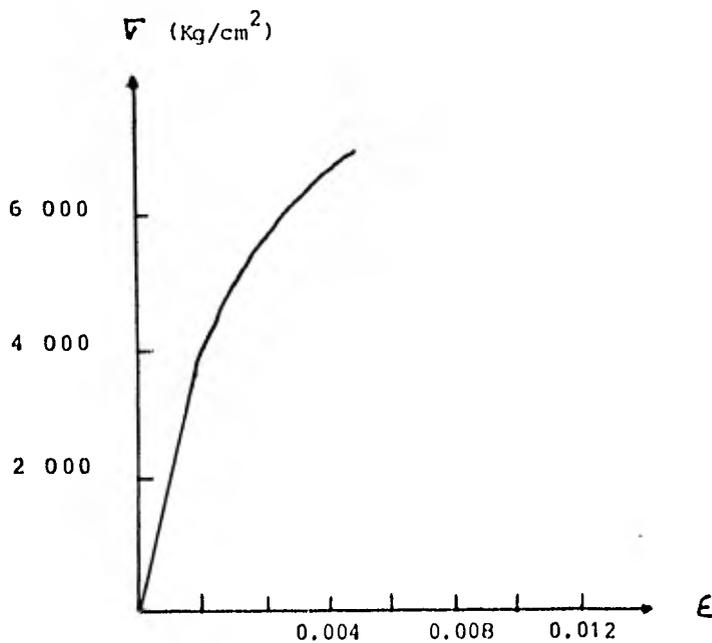
En el caso de aceros trabajados en frío, los cuales no tienen un límite de fluencia bien definido, suele determinarse el esfuerzo de fluencia trazando una paralela al eje de los esfuerzos en la curva esfuerzo-deformación, desde un valor de la deformación unitaria de 0.002; la intersección - de esta paralela con la curva define dicho límite (fig. 1).

Prueba de Doblado.

Sirve para determinar en forma cualitativa la ductibilidad

del acero.

Se usará un espécimen de longitud suficiente y deberá doblarse a la temperatura ambiente sobre un mandril de diámetro especificado, y se le dará un ángulo tal que no sufra grietas en la parte exterior de la porción doblada. La velocidad de doblado no es un factor importante, pero la fuerza se aplicará en forma continua y uniforme. Cuando el material presenta agrietamientos o falla no pasa la prueba de doblado, en caso contrario el material es aceptable.



VI.- BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- 2.- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1976.
- 3.- Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. (Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de - Construcciones para el Distrito Federal). Julio 1977 UNAM.
- 4.- Especificaciones de Obra. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Dirección General de Proyectos y Construcciones.
- 5.- Control de Calidad del Concreto. (ACI-704). I.M.C.Y.C. 8.
- 6.- Control de Calidad de Materiales como Obligación Legal. Tesis Profesional de Fausto Soto Arias. 1981. UNAM.
- 7.- Control de Calidad en Ingeniería Civil. Tesis Profesional de Rodolfo Jaime Aladrid. 1973.