



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

*“LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR CON LA NORMATIVA ESTABLECIDA
TANTO A NIVEL NACIONAL COMO INTERNACIONAL PARA GARANTIZAR
LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN CON BASE EN LAS 6 PRUEBAS
BÁSICAS PARA EL CONCRETO REALIZADAS EN UN LABORATORIO
ACREDITADO BAJO LA NORMA MEXICANA NMX - EC - 17025 - IMNC - 2006”*

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL - CONSTRUCCIÓN

PRESENTA:

JUAN ENRIQUE RENTERIA RODRIGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. ALEJANDRO VÁZQUEZ VERA

2010



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.

JURADO ASIGNADO

Presidente: M. I. SALVADOR DÍAZ DÍAZ

Secretario: M. I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

Vocal: ING. ALEJANDRO VÁZQUEZ VERA

1er. Suplente: M. I. JESÚS ANTONIO ESTEVA MEDINA

2do. Suplente: DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

Lugar donde se realizó la TESIS:

México, D.F. - Xicotepec, PUE.

DIRECTOR DE TESIS:
ING. ALEJANDRO VÁZQUEZ VERA

FIRMA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **I**

CAPÍTULO I **ANTECEDENTES, DATOS DEL PROYECTO Y** **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN** **1**

I.1 Antecedentes.....	1
I.1.1 La Calidad y Su Evolución.....	1
I.1.2 La Entidad Mexicana De Acreditación (EMA).....	2
I.1.3 El Organismo Nacional De Normalización y Certificación De La Construcción y Edificación (ONNCCE).....	5
I.1.4 La Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006.....	7
I.2 Datos Del Proyecto.....	8
I.2.1 Antecedentes Del Proyecto.....	8
I.2.2 Justificación Del Proyecto.....	9
I.2.3 Importancia Del Proyecto.....	10
I.2.4 Descripción Del Proyecto.....	11
I.3 Metodología De La Investigación.....	16
I.3.1 Programa De Estudio.....	16
I.3.2 Traslado a Sitio.....	18

CAPÍTULO II **NORMA MEXICANA NMX-C-161-1997-ONNCCE** **“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN -** **CONCRETO FRESCO - MUESTREO”** **29**

II.1 Metodología Para Realizar La Prueba.....	29
II.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación.....	29
II.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos.....	30
II.1.3 Procedimientos.....	31
II.1.3.1 Muestreo De Mezcladoras Estacionarias.....	31
II.1.3.2 Muestreo De Pavimentadotas.....	31
II.1.3.3 Muestreo De La Olla De Camión Mezclador o Agitador.....	31
II.1.3.4 Muestreo De Camiones Caja, Con o Sin Agitadores, De Volteo u Otros.....	31
II.1.3.5 Cantidad De La Muestra.....	32
II.1.3.6 Remezclado De La Muestra.....	32
II.1.3.7 Tiempo.....	32

II.2 Elaboración De Pruebas En Campo.....	32
II.2.1 Laboratorio Acreditado.....	32
II.2.1.1 Factores a Considerar.....	32
II.2.1.2 Muestreo.....	37
II.2.2 Laboratorio No Acreditado.....	42
II.2.2.1 Detalles a Considerar.....	42
II.3 Reporte De Muestreo y Colado De Concreto Fresco.....	44

CAPÍTULO III
NORMA MEXICANA NMX-C-156-1997-ONNCCE
“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO -
DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO
EN EL CONCRETO FRESCO” **61**

III.1 Metodología Para Realizar La Prueba.....	61
III.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación.....	61
III.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos.....	62
III.1.3 Procedimientos.....	64
III.1.4 Informe De La Prueba.....	65
III.2 Elaboración De Pruebas En Campo e Informe De Resultados.....	66
III.2.1 Laboratorio Acreditado.....	66
III.2.1.1 Factores a Considerar.....	66
III.2.1.2 Determinación Del Revenimiento En El Concreto Fresco.....	69
III.2.2 Laboratorio No Acreditado.....	76
III.2.2.1 Detalles a Considerar.....	76

CAPÍTULO IV
NORMA MEXICANA NMX-C-160-ONNCCE-2004
“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO -
ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE
ESPECÍMENES DE CONCRETO” **78**

IV.1 Metodología Para Realizar La Prueba.....	78
IV.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación.....	78
IV.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos.....	79
IV.1.2.1 Herramienta Auxiliar.....	81
IV.1.3 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra.....	83
IV.1.4 Condiciones Ambientales.....	83
IV.1.4.1 Lugar Para El Moldeo.....	83
IV.1.4.2 Curado Inicial.....	84
IV.1.5 Elaboración De Especímenes.....	84
IV.1.5.1 Moldeo y Vaciado Del Concreto.....	84

IV.1.5.2 Métodos De Compactación.....	85
IV.1.5.2.1 Varillado.....	86
IV.1.5.2.2 Vibrado.....	87
IV.1.5.2.3 Vibración Interna.....	87
IV.1.5.2.4 Vibración Externa.....	88
IV.1.5.3 Acabado.....	88
IV.1.5.4 Curado y Protección Inicial Después Del Acabado.....	88
IV.1.6 Curado De Especímenes.....	89
IV.1.7 Traslado Al Laboratorio.....	90
IV.1.8 Informe De La Prueba.....	91
IV.2 Elaboración De Pruebas En Campo y En Laboratorio.....	91
IV.2.1 Laboratorio Acreditado.....	91
IV.2.1.1 Factores a Considerar.....	91
IV.2.1.2 Elaboración y Curado En Obra De Especímenes De Concreto.....	97
IV.2.2 Laboratorio No Acreditado.....	107
IV.2.2.1 Detalles a Considerar.....	107

CAPÍTULO V
NORMA MEXICANA NMX-C-109-ONNCCE-2004
“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO -
CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS”

	110
V.1 Metodología Para Realizar La Prueba.....	110
V.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación.....	110
V.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos.....	111
V.1.2.1 Dispositivos.....	111
V.1.2.2 Dispositivos De Alineamiento.....	112
V.1.2.3 Recipientes Para Fundir El Mortero de Azufre.....	112
V.1.3 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra.....	113
V.1.3.1 Especímenes Recién Moldeados.....	113
V.1.3.2 Especímenes Endurecidos Curados En Ambiente Húmedo...	113
V.1.3.3 Especímenes Endurecidos Secos.....	117
V.1.4 Condiciones Ambientales.....	117
V.1.5 Procedimientos.....	117
V.1.5.1 Especímenes Cilíndricos Recién Moldeados.....	118
V.1.5.2 Especímenes De Concreto Endurecido.....	118
V.1.5.3 Cabeceo Con Mortero De Azufre.....	119
V.2 Elaboración De Pruebas En Laboratorio.....	121
V.2.1 Laboratorio Acreditado.....	121
V.2.1.1 Factores a Considerar.....	121
V.2.1.2 Cabeceo De Especímenes Cilíndricos.....	125
V.2.2 Laboratorio No Acreditado.....	135
V.2.2.1 Detalles a Considerar.....	135
V.3 Programación De Ensayes a La Compresión De Cilindros De Concreto - Cabeceo.....	136

CAPÍTULO VI
NORMA MEXICANA NMX-C-083-ONNCCE-2002
“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO -
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DE CILINDROS DE CONCRETO - MÉTODO DE PRUEBA” **158**

VI.1 Metodología Para Realizar La Prueba.....	158
VI.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación.....	158
VI.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos.....	159
VI.1.2.1 Máquina De Prueba.....	159
VI.1.2.2 Dispositivo De Lectura De Carga.....	162
VI.1.2.3 Verificación De Carga.....	163
VI.1.3 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra.....	164
VI.1.3.1 Dimensiones.....	164
VI.1.3.2 Cabeceo.....	165
VI.1.4 Condiciones Ambientales.....	165
VI.1.4.1 Especímenes Húmedos.....	165
VI.1.4.2 Condiciones Especiales De Humedad.....	165
VI.1.5 Procedimientos.....	165
VI.1.5.1 Colocación De Especímenes.....	165
VI.1.5.2 Velocidad De Aplicación De Carga.....	166
VI.1.6 Cálculo y Expresión De Los Resultados.....	168
VI.1.7 Informe De La Prueba.....	168
VI.2 Elaboración De Pruebas En Laboratorio (Ensaye).....	169
VI.2.1 Laboratorio Acreditado.....	169
VI.2.1.1 Factores a Considerar.....	169
VI.2.1.2 Determinación De La Resistencia a La Compresión De Cilindros De Concreto - Método De Prueba.....	173
VI.2.2 Laboratorio No Acreditado.....	178
VI.2.2.1 Detalles a Considerar.....	178
VI.3 Programación De Ensayes a La Compresión De Cilindros De Concreto.....	179

CAPÍTULO VII
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” **201**

VII.1 Metodología Para Realizar La Prueba.....	202
VII.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación.....	202
VII.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos.....	202
VII.1.2.1 Aparatos.....	202
VII.1.2.2 Instrumentos.....	203

VII.1.3 Materiales Auxiliares.....	205
VII.1.4 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra.....	205
VII.1.5 Condiciones Ambientales.....	206
VII.1.6 Procedimientos.....	206
VII.1.6.1 Varillado.....	206
VII.1.6.2 Vibración Interna.....	206
VII.1.6.3 Enrase.....	207
VII.1.6.4 Determinación De La Masa.....	208
VII.1.7 Cálculo y Expresión De Los Resultados.....	208
VII.1.7.1 Factor Del Recipiente.....	208
VII.1.7.2 Masa Unitaria.....	209
VII.1.7.3 Rendimiento.....	210
VII.1.7.4 Rendimiento Relativo.....	210
VII.1.7.5 Contenido De Cemento.....	211
VII.1.7.6 Contenido De Aire.....	211
VII.1.8 Informe De La Prueba.....	212
VII.2 Elaboración De Pruebas En Campo.....	213
VII.2.1 Laboratorio Acreditado.....	213
VII.2.1.1 Factores a Considerar.....	213
VII.2.1.2 Determinación De La Masa Unitaria En El Concreto Fresco.....	216
VII.2.2 Laboratorio No Acreditado.....	227
VII.2.2.1 Detalles a Considerar.....	227
VII.3 Reporte De Muestreo y Masa Unitaria.....	228
VII.4 Determinación De La Masa Unitaria En El Concreto Fresco.....	230

CAPÍTULO VIII RECOPIACIÓN DE RESULTADOS

VIII.1 Laboratorio Acreditado y Laboratorio No Acreditado.....	232
VIII.2 Informe De Verificación De La Calidad Del Concreto a Compresión.....	236

CONCLUSIONES

APÉNDICES

A. Apéndice Informativo.....	281
B. Apéndice De Definiciones.....	283
C. Apéndice De Referencias.....	308
D. Apéndice Bibliográfico.....	311

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.....	314
-------------------	-----

FIGURAS

Figura 1 Huasteca Veracruzana.....	8
Figura 2 Corredor Carretero Acapulco - México - Tuxpan.....	10
Figura 3 Futuro Corredor Carretero.....	11
Figura 4 Tramo Nuevo Necaxa - Ávila Camacho - Tihuatlán.....	12
Figura 5 Puente “San Marcos”.....	14
Figura 6 Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”.....	15
Figura 7 Camioneta Especial de Redilas.....	19
Figura 8 Desviación rumbo a Xicoteppec, PUE., Presa Nuevo - Necaxa.....	20
Figura 9 Laboratorio Central.....	20
Figura 10 Camioneta Dodge Ram con Tracción Especial 4 x 4.....	21
Figura 11 Carga de Camioneta Dodge Ram con Equipo para Pruebas.....	22
Figura 12 Camino de Terracería.....	22
Figura 13 Planta Cemex, Las Pilas, PUE.....	23
Figura 14 Tubería de PVC para Vaciado de Concreto.....	24
Figura 15 Equipo para Concreto Bombeable.....	25
Figura 16 Concreto Lanzado en Taludes.....	25
Figura 17 Verificación del Elemento.....	26
Figura 18 Relieve Natural en la Zona de Estudio.....	27
Figura 19 Equipo para Determinar El Muestreo.....	30
Figura 20 Camión Revolvedor (Olla).....	37
Figura 21 Condición de Humedad para la Prueba de Muestreo.....	38
Figura 22 Toma de Muestra de Concreto Fresco.....	39
Figura 23 Transporte y Protección de la Muestra.....	40
Figura 24 Comparación de Equipo - Muestreo.....	42
Figura 25 Cono de Revenimiento.....	62
Figura 26 Equipo para Determinar el Revenimiento.....	63
Figura 27 Arena para Nivelar el Equipo de Revenimiento.....	71
Figura 28 Excedente de Concreto para Garantizar el Nivel.....	72
Figura 29 Enrasado de Concreto - Rodamiento de Varilla.....	72
Figura 30 Revenimiento de la Muestra.....	73
Figura 31 Revenimiento Cortante.....	75
Figura 32 Revenimiento Colapso.....	76
Figura 33 Área No Nivelada.....	77
Figura 34 Molde para Elaborar Especímenes Cilíndricos.....	79
Figura 35 Equipo para Elaborar Cilindros de Concreto.....	82
Figura 36 Equipo para Realizar el Curado.....	82
Figura 37 Moldes Cilíndricos que Cumplen con la Relación 2:1.....	92
Figura 38 Especímenes Cilíndricos Revestidos con Desmoldante.....	99
Figura 39 Procedimiento de Vaciado en Cilindros.....	100
Figura 40 Procedimiento de Compactación en Cilindros.....	101
Figura 41 Excedente de Concreto en Especímenes Cilíndricos.....	102
Figura 42 Acabado en Especímenes Cilíndricos.....	102
Figura 43 Protección e Identificación de Especímenes en Campo.....	103
Figura 44 Área de Seguridad para Resguardo.....	104
Figura 45 Identificación de Especímenes en Laboratorio.....	105
Figura 46 Pileta para Realizar el Curado Húmedo.....	106
Figura 47 Acabado de Cilindros por Medio del Flexómetro.....	108

Figura 48 Especímenes Sin Protección.....	109
Figura 49 Equipo para Realizar el Cabeceo.....	112
Figura 50 Recipientes para Fundir el Mortero de Azufre.....	113
Figura 51 Mortero de Azufre Sólido.....	114
Figura 52 Cubierta para la Preparación de Especímenes de Prueba.....	115
Figura 53 Colado de Cubos de Mortero de Azufre.....	115
Figura 54 Cubos de Mortero de Azufre para Ensayo a Compresión.....	116
Figura 55 Ensayo de Cubos de Mortero de Azufre.....	117
Figura 56 Preparación del Mortero de Azufre.....	119
Figura 57 Equipo Auxiliar para Cabeceo - 1.....	127
Figura 58 Equipo Auxiliar para Cabeceo - 2.....	128
Figura 59 Verificación de la Temperatura del Mortero de Azufre.....	129
Figura 60 Determinación del Diámetro del Cilindro.....	130
Figura 61 Determinación de la Altura del Cilindro.....	131
Figura 62 Determinación de la Masa del Cilindro.....	131
Figura 63 Cabeceo de Cilindros de Concreto.....	132
Figura 64 Cabeceo Alternado en Grupos.....	133
Figura 65 Preparación de Cabeceo Segundo Extremo.....	134
Figura 66 Condiciones de Humedad Después del Cabeceo.....	134
Figura 67 Máquina de Prueba.....	159
Figura 68 Dispositivo de Lectura de Carga.....	163
Figura 69 Compás de Punta para la Medición del Diámetro.....	164
Figura 70 Diagrama de Fallas de Cilindros Sometidos a Compresión.....	167
Figura 71 Colocación y Centrado de Cilindro para Ensayo.....	174
Figura 72 Posición No. 4 - Asentamiento de Platina en el Cilindro.....	175
Figura 73 Posición No. 3 - Aplicación Constante de Carga.....	176
Figura 74 Posición No. 1 - Liberación de Carga.....	177
Figura 75 Equipo para Determinar la Masa Unitaria.....	205
Figura 76 Condiciones de Limpieza para el Cálculo del Peso "R".....	217
Figura 77 Engrase de Recipiente en Borde Superior.....	218
Figura 78 Condiciones de Limpieza para el Cálculo del Peso "V".....	218
Figura 79 Llenado de Recipiente con Agua Destilada.....	219
Figura 80 Determinación del Peso "R+V+A".....	220
Figura 81 Cálculo de la Masa Volumétrica del Agua.....	220
Figura 82 Procedimiento de Llenado y Compactado.....	221
Figura 83 Cerrado de Oquedades.....	222
Figura 84 Enrase con Placa Metálica - 1.....	223
Figura 85 Enrase con Placa Metálica - 2.....	223
Figura 86 Determinación de la Masa Bruta del Concreto.....	224

PLANO

Plano 1 Puente "San Marcos".....	28
----------------------------------	----

TABLAS

Tabla 1 Características del Tramo Carretero Nuevo Necaxa - Tihuatlán...	11
Tabla 2 Volúmenes de Proyecto.....	12
Tabla 3 Aspectos Técnicos.....	13
Tabla 4 Puentes y Viaductos.....	13
Tabla 5 Túneles Gemelos.....	14
Tabla 6 Características de la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos".....	15
Tabla 7 Traslados a Sitio.....	18
Tabla 8 Distancia Total entre Localidades.....	23
Tabla 9 Frecuencia Mínima de Muestreo en Obra.....	34
Tabla 10 Descripción de Trabajabilidad.....	67
Tabla 11 Clasificación de Trabajabilidad.....	67
Tabla 12 Valor Nominal del Revenimiento y Tolerancia Permisible.....	74
Tabla 13 Número de Capas Requeridas por los Especímenes.....	85
Tabla 14 Número de Penetraciones de la Varilla para el Moldeado de Especímenes Cilíndricos.....	86
Tabla 15 Resistencia a la Compresión y Espesor Máximo del Mortero de Azufre.....	114
Tabla 16 Diámetro para Placa Superior de Carga.....	161
Tabla 17 Factor de Corrección por Esbeltez.....	164
Tabla 18 Tolerancia de Ensaye.....	166
Tabla 19 Capacidad Mínima del Recipiente.....	203
Tabla 20 Capacidad y Dimensiones del Recipiente.....	204
Tabla 21 Temperatura y Masa Volumétrica del Agua.....	208
Tabla 22 Cantidad de Aire Recomendado.....	215
Tabla 23 Variación de Resultados en la Prueba.....	271

GRÁFICAS

Gráfica 1 Control de Volumen Acumulado de Concreto Fresco (M3).....	258
Gráfica 2 Frecuencia de Muestreo de Concreto Fresco.....	259
Gráfica 3 Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.....	260
Gráfica 4 Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto (A 7 días - Laboratorio Acreditado).....	261
Gráfica 5 Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto (A 7 días - Laboratorio No Acreditado).....	262
Gráfica 6 Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto (A 28 días - Laboratorio Acreditado).....	263
Gráfica 7 Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto (A 28 días - Laboratorio No Acreditado).....	264
Gráfica 8 Promedio de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto (A 7 días - Laboratorio Acreditado y No Acreditado).....	265
Gráfica 9 Promedio de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto (A 28 días - Laboratorio Acreditado y No Acreditado).....	266
Gráfica 10 Determinación de la Masa Unitaria en el Concreto Fresco.....	267
Gráfica 11 Análisis Estadístico de Cilindros Compañeros.....	269

INTRODUCCIÓN

La competencia en el mundo actual es cada vez más exigente, motivo por el cual las empresas se esfuerzan en realizar un constante cambio en sus estrategias para ser más competitivas y así mantenerse dentro del mercado.

Es indispensable mencionar que el mundo se rige con base en leyes, normas y reglamentos, entre otros, los cuales tienen la función de establecer líneas de acción para organizar y sancionar de acuerdo a ellos, además de que es necesario conocerlos y aplicarlos para ser competitivo, por ejemplo: en materia de **Ingeniería Civil** cada análisis estructural o proceso constructivo está delimitado por un reglamento de construcción que estamos obligados a cumplir por el bien de la sociedad que ocupará dicho inmueble.

De hecho, algunas empresas llegan a establecer sistemas de control de calidad (Ver Apéndice de Definiciones *B.66*) como columna vertebral para integrar en los productos o servicios que ofrecen características que satisfacen las necesidades del cliente, garantizando resultados que tienen tanto validez oficial como calidad y seguridad, diseñando e implementando procesos más eficientes siempre y cuando cumplan con las normas nacionales e internacionales vigentes de calidad (Ver Apéndice de Definiciones *B.187*).

El aseguramiento de calidad (Ver Apéndice de Definiciones *B.186*), hace referencia a todos los programas relacionados con la obtención de la calidad desde los ingredientes del concreto hasta el concreto mismo, con el fin de proporcionar un servicio satisfactorio en las estructuras (Ver Apéndice de Definiciones *B.202*). En la industria de la construcción, las dos tendencias que nos interesan principalmente son:

- El control de calidad, como función del contratista (Ver Apéndice de Definiciones *B.197*), es decir, como proveedores de concreto.
- La aceptación de la calidad, como función del propietario (Ver Apéndice de Definiciones *B.211*), es decir, saber interpretar la calidad del concreto para aceptarlo o rechazarlo.

En el pasado el propietario estaba “seguro” de la calidad, por el hecho de contar con la experiencia y las habilidades combinadas tanto del ingeniero como del constructor. Tal sistema, aplicado en forma correcta dio lugar a estructuras de concreto de calidad satisfactoria. Sin embargo, en algunas ocasiones existió un eslabón en el proceso, resultando estructuras de calidad inferior a la deseada, aunado a que la construcción moderna de concreto ha alcanzado un crecimiento tal, que el sistema utilizado en el pasado ha sido incapaz de conservar el paso.

El trabajo de los ingenieros calificados ha aumentado hasta el punto en que muchas actividades y decisiones se han transferido a los constructores cuyas habilidades y experiencias en algunos casos son inadecuadas para tomar decisiones sobre la marcha, que el ingeniero habilidoso tomaba previamente y para complicar aun más el problema, están los requisitos legales que exigen evidencia documentada de cumplimiento de la calidad.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y debido a que algunos constructores pretenden realizar un trabajo “profesional” buscando ahorros indebidos en la construcción sin medir las consecuencias que esto implica, se realiza este trabajo de **Tesis** intentando cambiar esa mentalidad, buscando que la construcción de estructuras de concreto sea económica siempre y cuando se cumpla con la calidad que indica la normativa establecida tanto a nivel nacional como internacional elevando el reconocimiento que le debemos a nuestra profesión.

En virtud de lo anterior, se pretende demostrar que las empresas acreditadas en laboratorio de ensayos pueden competir tanto a nivel nacional como internacional, ya que las pruebas son realizadas por personal capacitado, utilizando métodos y procedimientos adecuados, respaldados con base en normas establecidas.

Además, la Entidad Mexicana de Acreditación (**EMA**) pertenece a organismos Internacionales como el AIF y la ILAC (Ver Inciso 1.1.2), por lo que se puede garantizar dicha competencia, asimismo tiene la facultad de acreditar laboratorios de concreto, la cual le otorgó la Secretaría de Economía a través de la Dirección General de Normas.

También es importante entender, además de concluir, el motivo por el cual los laboratorios no acreditados que generan resultados sin validez oficial tienen demanda laboral, a pesar que desde 1999 empezó la acreditación de laboratorios de ensayo y la tendencia está tomando fuerza en algunos sectores de la construcción debido a la competencia que existe en la actualidad.

Todo trabajo de **Tesis** busca realizar una aportación, en este caso, es comprobar si en el estudio de las 6 pruebas básicas de concreto realizadas en un laboratorio acreditado bajo la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006** se obtendrán los resultados esperados de calidad, tiempo, seguridad y dentro de los costos permisibles, en comparación con los generados en un laboratorio no acreditado para finalmente poder evaluar que estudio es más rentable.

Es importante mencionar que anteriormente no se contaba con las actuales especificaciones, métodos de prueba, definiciones de calidad adecuadas ni con lo referente a la calidad del producto terminado. Los intentos para definir dichos parámetros eran más el resultado de la experiencia y el juicio personal, que el de cualquier concepto racional.

Por ejemplo, si el resultado de la prueba quedaba dentro de las tolerancias especificadas era aceptado. Si no, entonces debe acudirse a un criterio ingenieril para decidir si el material:

- Cumple substancialmente y puede aceptarse.
- Ofrece peligro y debe ser rechazado.
- Hay que volver a probarlo.

El inconveniente del criterio ingenieril es que no está definido, debido a que no se basa en procedimientos establecidos (normas), por lo que puede variar de ingeniero en ingeniero y de obra en obra, creando confusión y disputas ya que está fundamentado únicamente en el criterio particular de los involucrados.

Bajo este contexto, es importante explicar los temas que se desarrollarán en este documento, el cual está integrado por ocho capítulos. El primero contiene los antecedentes en materia de calidad, las funciones de la **EMA**, del **ONNCCE**, lo referente a la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006**, los datos del proyecto de donde se tomaron las muestras de concreto para realizar el estudio y por último, la metodología de la investigación.

Del segundo al séptimo capítulo se especifica la metodología práctica, la elaboración de pruebas en campo o en laboratorio y el informe de resultados, explicando todo el proceso que le permite al interesado conocer la forma correcta de realizar cada una de las 6 pruebas básicas para el concreto, detectando los aspectos técnicos más importantes (críticos) en cada uno de los procesos para evitar una mala aplicación que genere una variación incorrecta en los resultados. A continuación se presenta el título de la prueba en cada capítulo.

CAPÍTULO	NORMA MEXICANA	TÍTULO
II	NMX-C-161-1997-ONNCCE	“Muestreo”
III	NMX-C-156-1997-ONNCCE	“Determinación Del Revenimiento En El Concreto Fresco”
IV	NMX-C-160-ONNCCE-2004	“Elaboración y Curado En Obra De Especímenes De Concreto”
V	NMX-C-109-ONNCCE-2004	“Cabeceo De Especímenes Cilíndricos”
VI	NMX-C-083-ONNCCE-2002	“Determinación De La Resistencia a La Compresión De Cilindros De Concreto - Método De Prueba”
VII	NMX-C-162-ONNCCE-2000	“Determinación De La Masa Unitaria, Cálculo Del Rendimiento y Contenido De Aire Del Concreto Fresco Por El Método Gravimétrico”

Finalmente, en el octavo capítulo se describe la recopilación de los resultados, en donde se puede apreciar la variación existente entre los datos generados por las dos tendencias, así como evaluar el costo - beneficio para poder determinar su rentabilidad.

Es importante mencionar que el campo de la construcción es de cambios continuos y algunos de los mayores avances en la construcción moderna han tenido lugar en el concreto como el desarrollo de materiales, equipos, aditivos, concreto con fibras, concreto de alta resistencia, etc. Si bien, rara vez ha existido razón para cambiar los principios fundamentales desarrollados anteriormente, si ha sido necesario adicionarlos constantemente para adaptarlos tanto a la nueva tecnología como para cumplir con la normativa establecida vigente.

Investigaciones reales han demostrado que de algunas construcciones controladas por los métodos tradicionales hasta un 30% han quedado fuera de los límites establecidos, al examinarlos estrechamente con los métodos estadísticos que utilizan el muestreo aleatorio, si bien fueron tenidas como completamente aceptables, bajo las prácticas de control utilizadas antes.¹

La realización de este trabajo de **Tesis** está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la construcción de estructuras de concreto como ingenieros, arquitectos, superintendentes, supervisores, técnicos tanto de campo como de laboratorio y deseen conocer la información pertinente; incluso para los estructuristas (Ver Apéndice de Definiciones *B.203*) también es útil, ya que aunque sus tareas son primordialmente en oficina matriz, pueden encontrar muchos detalles acerca de la construcción con concreto y esta información puede capacitarlos para adaptar mejores diseños a las realidades en la construcción.

¹ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. Manual para Supervisar Obras de Concreto - ACI-311-99. 1ra. Edición. IMCYC. México. 2002. Pág. 9.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES, DATOS DEL PROYECTO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Podemos decir que la mayoría de los seres humanos tienen por naturaleza una “preocupación” o la responsabilidad de realizar bien las cosas, por lo que concluimos que siempre ha existido un concepto intuitivo de la calidad.

En virtud de lo anterior, cualquiera que sea el aparato productivo que tenga la finalidad de satisfacer la infraestructura de un país, es obvio que el control de calidad y la supervisión son de vital importancia, ya que un producto que se encuentra en el mercado y no cumple con estos requisitos tiene mucho más posibilidades de fracasar.

1.1.1 La Calidad y Su Evolución

El significado de la palabra calidad equivale al grado de excelencia o perfección de los atributos o propiedades con las que cuenta un objeto. Dicha definición nos permite emitir un juicio de valor acerca de como puede ser ésta: excelente, buena, escasa o nula.

Para la mayoría de las organizaciones empresariales, el término “Calidad” es la clave y marca la pauta a la hora de hacer negocios. Recordemos que uno de los objetivos principales de la calidad es superar las expectativas del cliente, rompiendo con estructuras convencionales y con estrategias tradicionales e incorporándonos a las organizaciones que actualmente regulan la calidad tanto a nivel nacional como internacional, así como adoptando los nuevos procesos y requisitos que indican las normas.

Anteriormente el juicio de un producto se basaba solo en su aspecto estético y en el prestigio del autor, pero con la llegada de la Revolución Industrial los talleres fueron adoptando estrategias que les permitieran producir en forma masiva, mismas que fueron perfeccionando gracias al análisis de resultados, lo que les permitió valorar y mejorar la calidad de los productos terminados.

Es así como se clasificaron las etapas en el desarrollo de la calidad a través de la historia; comencemos con el nacimiento de la primera generación de los procesos de calidad, la llamada: “Calidad por Inspección”.

En la etapa artesanal, se buscaba realizar bien los trabajos sin importar el costo o el esfuerzo necesario para ello, con el objetivo de satisfacer al cliente, además de reconocer al artesano por el trabajo realizado.

Ya en plena Revolución Industrial, el objetivo era realizar una gran cantidad de productos sin importar que contaran con la calidad requerida; esta tendencia fue adoptada para satisfacer la gran demanda del producto que existía en ese tiempo.

En la época de la Segunda Guerra Mundial ya se buscaba producir el mayor armamento sin importar el costo, el objetivo era garantizar la cantidad de un armamento eficaz en el momento oportuno.

Posterior a la Guerra, la tendencia indicaba realizar con calidad los productos desde la primera vez, pero con la condición de producir la mayor cantidad posible, los objetivos eran reducir los costos mediante la aplicación de procesos de calidad, lograr una mayor competencia en el mercado, satisfacer al cliente y abastecer la demanda.

Como podemos observar, la evolución que ha tenido la calidad lleva implícito el mensaje de mejora continua, incluso muchas de las causas y objetivos históricos son el marco teórico en las que las organizaciones nacionales e internacionales se han basado para regular la calidad en el mundo actual.

Actualmente se exige establecer un control de calidad, es decir, cumplir con las especificaciones técnicas del producto y con el aseguramiento de la misma, previniendo errores, reduciendo costos para ser competitivo, con el objetivo de obtener como resultado la calidad total, a fin de ser altamente competitivo con base en la mejora continua.

1.1.2 La Entidad Mexicana De Acreditación (EMA)

La creación de la Entidad Mexicana de Acreditación A. C. (***EMA***) se origina en 1999, para cumplir los retos que presenta el intercambio de productos, bienes y servicios en el mundo globalizado, así como dotar a la industria de las herramientas necesarias para competir en condiciones iguales e introducirnos al comercio internacional.

La ***EMA*** fue la primera entidad de acreditación privada en nuestro país; tiene como misión acreditar a los organismos encargados de la evaluación de la conformidad para que cumplan con la normativa nacional e internacional establecida, con un enfoque de mejora continua y responsabilidad social, con el fin de contar con una infraestructura suficiente, confiable y técnicamente competente que otorgue resultados con validez oficial.

Desde su creación, la ***EMA*** se ha comprometido a reforzar su confiabilidad en la competencia técnica y en la de los organismos de evaluación de la conformidad acreditados, generando reconocimiento nacional e internacional.

Los organismos de la evaluación de la conformidad son:

- Laboratorios de ensaye
- Laboratorios de calibración
- Laboratorios clínicos
- Unidades de verificación (organismos de inspección)
- Organismos de certificación

Dichos organismos evalúan los requisitos y especificaciones de un producto o sistema, conforme a la norma, comprobando su cumplimiento.

La **EMA** cumple con una serie de acciones de forma objetiva y transparente, actuando con rectitud conforme a los principios y normas de honradez y moral, sin incurrir en actos ilícitos, aportando y contribuyendo con la sociedad en la lucha contra la corrupción.

Es importante mencionar que en el mundo existen dos organismos internacionales de acreditación:

- A) Foro Internacional de Acreditación (IAF - International Accreditation Forum) para organismos de certificación.
- B) Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation) quienes emiten guías directrices que complementan las normas ISO/CASCO.

Nuestro país a través de **EMA**, participa como miembro de los siguientes organismos regionales:

- 1) Cooperación Interamericana de Acreditación (IAAC - InterAmerican Accreditation Cooperation), para laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación.
- 2) Cooperación de Acreditación del Pacífico (PAC - Pacific Accreditation Cooperation), para organismos de certificación.
- 3) Cooperación de Asia Pacífico para Acreditación de Laboratorios (APLAC - Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation), para laboratorios de ensayos, laboratorios de calibración y unidades de verificación (organismos de inspección).

La **EMA** verifica que los organismos encargados de la evaluación de la conformidad cuenten con instalaciones adecuadas, trabajen con personal capacitado y un sistema de la calidad basado en la mejora continua; que tengan elementos técnicos suficientes, que operen bajo las normas vigentes nacionales y/o internacionales y los más estrictos códigos de ética profesional y confidencialidad para autorizar, así como refrendar la acreditación.

También la **EMA** es la única entidad de acreditación que cuenta con la autorización para operar de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, ya que es reconocida por los organismos internacionales de acreditación en todos sus servicios al haber evidencia que conoce y aplica las normas de evaluación de la conformidad (serie ISO/IEC 17000).

¿Qué es la acreditación?

Es el acto que da la seguridad y reconoce legalmente la competencia técnica y confiabilidad de los organismos de evaluación de la conformidad para realizar correctamente el cumplimiento de las normas, ya sean Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) o Normas Mexicanas (NMX's) y así comprobar, verificar y certificar los productos y servicios que consume la sociedad.

La acreditación incluye la realización constante de visitas de vigilancia, reevaluación, seguimiento y monitoreo a los acreditados a fin de comprobar que siguen cumpliendo con los términos y condiciones bajo los cuales se les otorgó. La evaluación de la conformidad es el proceso mediante el cual, un producto, proceso, persona, servicio o sistema es evaluado con respecto a una norma.

Las entidades de acreditación son las encargadas de avalar el profesionalismo, competencia técnica y transparencia del trabajo de los organismos de evaluación, llevando a cabo el proceso de evaluación para confirmar que los laboratorios de ensayo, calibración y clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación actúen conforme a las normas vigentes y estén calificados técnicamente para emitir informes o certificados con validez oficial.

Es importante mencionar la diferencia entre acreditación y certificación, ya que la primera es el reconocimiento formal y público por un organismo imparcial y de tercera parte (en este caso la **EMA**), de la competencia técnica y confiabilidad, de esta forma el organismo de la evaluación de la conformidad recibe un reconocimiento del trabajo realizado correctamente y de acuerdo a una norma apropiada y reconocida internacionalmente. A diferencia, la certificación es la confirmación de que una organización ha establecido un sistema de gestión de la calidad conforme con ciertos requisitos.

Algunos factores que son evaluados para obtener la acreditación en un laboratorio de ensayos son: contar con instalaciones adecuadas, ofrecer confidencialidad y seguridad, aplicar métodos confiables, realizar las pruebas con instrumentos calibrados, contar con un sistema de calidad de mejora continua y contar con el personal calificado.

1.1.3 El Organismo Nacional De Normalización y Certificación De La Construcción y Edificación (ONNCCE)

Con la llegada del Tratado de Libre Comercio de México con América del Norte, la Comunidad Europea, los Países de la cuenca del Pacífico y América Latina, es decir, con la llamada "Globalización de Mercado", los fabricantes de bienes y servicios ven la necesidad de tomar nuevas actitudes de producción y negocios, ya que las estrategias basadas en el precio o la supremacía del líder, aunque eran importantes, empezaron a resultar insuficientes.

Para enfrentar estos retos en la industria de la construcción, se creó en 1994 el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (**ONNCCE**), el cual está acreditado como Organismo Nacional de Normalización por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía, así como Organismo de Certificación de Sistemas de Calidad por la **EMA** y está aprobado por la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El **ONNCCE** es una Sociedad Civil reconocida a nivel nacional, dedicado al desarrollo de las actividades de Normalización y Certificación, el cual tiene como propósito contribuir a la mejora de la calidad y competitividad de los productos, procesos, servicios y sistemas relacionados principalmente con la industria de la construcción.

Debido a lo expuesto anteriormente, es importante mencionar los principales objetivos del **ONNCCE**:

- A) Elaborar Normas Mexicanas acordes a las normas internacionales y condiciones internas del país, enfocadas a mejorar los elementos, componentes, tecnologías, procesos y servicios.
- B) Certificación, verificación y/o dictaminación de normas oficiales mexicanas (NOM), normas mexicanas de productos (NMX), normas mexicanas de sistemas de calidad (NMX-CC/ISO9000), así como normas sobre competencia laboral.
- C) Orientar a la industria de la construcción para elevar la calidad, competitividad y productividad de procesos, servicios, sistemas y personas.
- D) Desarrollar y promover programas de investigación, capacitación, cursos y conferencias.
- E) Promover una nueva cultura hacia la calidad.

Para el mejor entendimiento del presente capítulo se mencionan algunos conceptos que aportarán elementos para fortalecer lo antes mencionado y obtener una idea más clara del tema.

¿Qué es la normalización?

Es la actividad de establecer, debido a problemas reales o potenciales, las disposiciones destinadas a un uso común y repetitivo para lograr el grado óptimo de orden.

Una norma es un documento aprobado por una institución reconocida que establece para un uso común y repetido, reglas directrices enfocadas a bienes, procesos, métodos de producción u operación, servicios y cuya observancia no es obligatoria.

Es importante mencionar algunas de las principales características de una norma:

- A) Son elaboradas por consenso de las partes interesadas como: colegios profesionales, centros de investigación, fabricantes, administradores, consumidores y laboratorios.
- B) Contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria.
- C) Se basan en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.
- D) Están disponibles al público.

Dentro de ellas, existen 2 grupos principales que vale la pena mencionar: las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX).

Las primeras son obligatorias y expedidas por las dependencias de gobierno, conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), la cual establece las reglas, especificaciones, atributos, directrices, etc. y responde a un objetivo legítimo (protección de la vida, el medio ambiente, salud, etc.).

El segundo grupo, son las elaboradas por Organismos Nacionales de Normalización registrados por la Secretaría de Economía (SE), o bien, emitidas por la Dirección General de Normas de la misma secretaría, son de aplicación voluntaria, con la excepción de que se hagan referencias a ellas en alguna NOM u otra regulación (Reglamento de Construcciones, NTC, etc.).

¿Qué es la certificación?

Es el procedimiento por el cuál, se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de los organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

Hablando de certificación, el **ONNCCE** lleva a cabo las siguientes actividades:

- A) Certificación y evaluación de la conformidad con normas y documentos normativos.
- B) Evaluación de sistemas constructivos.
- C) Certificación de sistemas de calidad de normas mexicanas.
- D) Información sobre empresas, servicios y personas certificados.

1.1.4 La Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006

Se realiza este trabajo de **Tesis** presentando la metodología para realizar las 6 pruebas básicas para el concreto en un laboratorio acreditado bajo la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006**, la cual es idéntica a la normativa internacional ISO/IEC 17025:2005.

En virtud de lo anterior, definimos a la **NMX-EC-17025-IMNC-2006** como la norma mexicana que establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo.

El nombre oficial de esta norma mexicana es **“Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”** y es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración.

Mencionaremos algunas ventajas que se garantizan al realizar las pruebas en un laboratorio acreditado por la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006**:

- A) Proporcionar Servicios Oportunos: Entregar los resultados de las 6 pruebas básicas para el concreto al cliente en el tiempo comprometido.
- B) Otorgar Servicios Confiables: Realizar los servicios solicitados de acuerdo con la metodología establecida (procedimientos técnicos) que permitan obtener resultados confiables y de calidad.
- C) Normativa Aplicable: Proporcionar un servicio de acuerdo a metodologías respaldadas en documentos emitidos por autoridades nacionales e internacionales (normas) y procedimientos internos de un laboratorio acreditado.
- D) Satisfacción Total del Cliente: Cumplimiento del compromiso adquirido con el cliente, el trato profesional y la accesibilidad para explicar el trabajo solicitado.

1.2 Datos Del Proyecto

1.2.1 Antecedentes Del Proyecto

La ciudad de Tuxpan conocida como “El lugar de los conejos” es la más importante de la Huasteca Veracruzana (Ver Figura 1), situada al norte del Estado de Veracruz, limita con los municipios de Álamo, Tamiahua, Tihuatlán, Poza Rica y en una importante fracción oriental con el Golfo de México.

La Ciudad de Tuxpan está rodeada por el río Pantepec, que desemboca en el Golfo de México, formando la barra de Tuxpan, además, es el puerto más cercano al Altiplano Central, a sólo 310 km de distancia que se recorren actualmente en un promedio de 4 horas en automóvil y el aforo vehicular promedio que circula diariamente es de 4000 vehículos.



FIGURA 1
HUASTECA VERACRUZANA

1.2.2 Justificación Del Proyecto

Debido a la importancia que tiene la economía del Estado de Veracruz para el resto de la República, se puede decir que la Autopista México - Tuxpan es un reclamo de cientos de años de los habitantes del norte de Veracruz, así su construcción impulsará la infraestructura que fortalezca a las regiones y al país, ya que será estratégica tanto para el comercio como para el turismo porque unirá a la Ciudad de México con el Puerto de Tuxpan.

Esta carretera de alta tecnología atravesará los estados de México, Hidalgo, Puebla y Veracruz convirtiéndose en la Autopista México - Tuxpan - Tampico, la cual tendrá una longitud de aproximadamente 295 km y está planeada para realizarse en cuatro años y medio.

Es importante mencionar que el Estado de Veracruz tiene la mayor parte de las obras carreteras dentro del Programa Nacional de Infraestructura Carretera 2007-2012, el cual busca desarrollar infraestructura en todas las zonas de México.

Entre las obras que contempla dicho programa para el estado de Veracruz se encuentran los siguientes tramos y proyectos:

- La Autopista México - Tuxpan
- El tramo Nuevo Necaxa - Ávila Camacho - Tihuatlán
- El libramiento de Veracruz y Xalapa
- El acceso al Puerto de Coatzacoalcos
- La construcción del nuevo Puerto de Veracruz
- La ampliación del Puerto de Tuxpan
- El desarrollo del nuevo Puerto de Tuxpan II
- La ampliación del Puerto de Coatzacoalcos

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, podemos comprender la importancia de las obras de infraestructura que necesita nuestro país para poder competir en igualdad de condiciones.

En el caso particular del proyecto se llevarán a cabo diferentes obras de infraestructura, por ejemplo; la misma carretera, túneles, puentes, viaductos y desniveles por lo que se puede predecir la cantidad de producción de materiales, como el concreto, que se necesitará para concluir las obras y, por lo tanto, la importancia de cumplir con la calidad indicada en la normativa establecida aplicada en un caso real.

1.2.3 Importancia Del Proyecto

Aunque el proyecto es a largo plazo debido a la magnitud de las inversiones, en un futuro beneficiará al Estado de Veracruz, ya que la Autopista México - Tuxpan forma parte del corredor carretero Acapulco - Tuxpan y servirá para conectar tanto a la frontera norte del país como para tender un puente de comunicación entre el Océano Pacífico y el centro del país con el Golfo de México (Ver Figura 2).

Uno de los principales beneficios de la Autopista es que una vez concluido todo el eje carretero, el tiempo de recorrido se reducirá y dejará al puerto de Tuxpan a sólo dos horas y media de la ciudad de México, además, si el destino final es Tampico obligará a cruzar por el Estado de Veracruz, beneficiando así a la zona norte.



FIGURA 2
CORREDOR CARRETERO ACAPULCO - MÉXICO - TUXPAN

La Autopista México - Tuxpan - Tampico, es apenas un eslabón en el proyecto general de gran amplitud, ya que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) tiene programado prolongar la Autopista a Tampico, Matamoros, Chicago y Toronto, con lo cual se integrará un nuevo corredor del Tratado de Libre Comercio (TLC) México - Tuxpan - Tampico - Matamoros - Chicago - Toronto y con él ofrecerá una conexión más corta entre el altiplano y el mercado de Estados Unidos y Canadá con el que se tienen los principales intercambios de comercio exterior. La autopista conecta además con el arco norte de la ciudad de México, lo que permitirá una rápida conexión con el centro y sur del país como se puede apreciar en la Figura 3.



**FIGURA 3
FUTURO CORREDOR CARRETERO**

Construir esta autopista significa acercar a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a la zona oriente del Estado de México, a Pachuca y a Tulancingo al punto más cercano de la costa, con lo que se abaratarán los costos del movimiento de mercancías y personas entre el Golfo de México y la región más poblada del país, representando un ahorro de 36 km, realizando el recorrido en 2:15 hrs al término del proyecto, lo que actualmente se realiza en 6:30 hrs.

1.2.4 Descripción Del Proyecto

Es importante mencionar que para este trabajo de **Tesis** solo nos enfocaremos en la construcción del tramo carretero comprendido entre las ciudades de Nuevo Necaxa y Ávila Camacho, ambas localizadas en el Estado de Puebla como podemos apreciar en la Figura 4, el cual constará de 4 carriles, en un tramo de 36.7 km (Ver Tabla 1) y con un tiempo aproximado de construcción de 3 años, con diferentes frentes, ubicados a lo largo de la Autopista, en lugares distantes tanto de las vías de comunicación como de difícil acceso.

TABLA 1

CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO CARRETERO NUEVO NECAXA – TIHUATLÁN				
Tramo Carretero	Nombre	Situación	Longitud (Km)	No. de Carriles
TC – 1	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Construcción	36.6	4
TC – 2	Ávila Camacho – Tihuatlán	Construcción	48.1	2



FIGURA 4
TRAMO NUEVO NECAXA - ÁVILA CAMACHO - TIHUATLÁN

Se trata de una obra que incluye caminos de acceso de terracerías, explotación de bancos de material, excavación con grandes cortes, conformación de terraplenes con gran movimiento de tierras, obras de drenaje, las cuales requieren una gran cantidad de vehículos y maquinaria pesada, así como del suministro de diversos materiales como concreto, acero, anclas de fricción, así como travesaños prefabricados principalmente, es por ello que en la tabla 2 se indican los volúmenes principales a considerar en la obra.

TABLA 2

VOLÚMENES DE PROYECTO		
Excavaciones	m3	12500000
Terraplenes	m3	6500000
Concreto	m3	300000
Acero De Refuerzo	Ton	18500
Acero Estructural	Ton	4000
Anclas De Fricción	Pza	75000
Travesaños Prefabricados	Pza	450

Es importante mencionar que debido a la topografía y a las características de la zona, se requiere la construcción tanto de puentes con una altura considerable como de túneles gemelos o paralelos, ya que la mayor parte del proyecto se encuentra sobre los denominados suelos inestables.

Es por ello que en este tramo se plantean grandes retos técnicos y financieros, debido a que atravesará lo grueso y lo difícil de la Sierra Madre Oriental, ya que incluirá 9 puentes, 7 túneles, 2 viaductos y 10 pasos a desnivel (Ver Tabla 3), todo esto en la distancia antes mencionada de 36.7 km.

TABLA 3

ASPECTOS TÉCNICOS	
Estructura	Longitud (m)
Puentes (9)	2285
Túneles (7)	3350
Viaductos (2)	235
Pasos a Desnivel (10)	-
Total	5870

A continuación en las Tablas 4 y 5 se indica la clave, nombre, así como la longitud total de cada una de las estructuras que se construirán a lo largo de este tramo carretero.

TABLA 4

PUENTES Y VIADUCTOS		
No.	Nombre	Longitud (m)
P1	San Marcos	870
P2	Texcapa II	180
P3	Viaducto Ecológico I	85
P4	Viaducto Ecológico II	150
P5	Cuaxicala	80
P6	Alseseca I	80
P7	Alseseca II	90
P8	Xicotepec	350
P9	Zoquita	225
P10	El Cantil	220
P11	Ardilla	190
	Total	2520

TABLA 5

TÚNELES GEMELOS		
No.	Nombre	Longitud (m)
T1	Huachinango	100
T2	Encasa	990
T3	Cuahueyatla	110
T4	Xicotepec I	340
T5	Xicotepec II	850
T6	Zoquitas	680
T7	Las Pilas I	280
	Total	3350

Ahora, ya en forma específica y después de conocer las principales estructuras dentro del tramo carretero Nuevo Necaxa - Ávila Camacho, es importante mencionar que se seleccionó por diferentes factores como objeto principal para realizar este trabajo de *Tesis* al Puente “San Marcos” (Ver Figura 5 o Ver Plano 1), el cual fue bautizado así ya que parte de la estructura se desplanta sobre el río “San Marcos” en el Estado de Puebla.



FIGURA 5
PUENTE “SAN MARCOS”

Debido a la magnitud de la obra (Puente “San Marcos”), su construcción terminará hasta el año 2012, por lo que podemos imaginar la cantidad de concreto que se utilizará principalmente tanto en la cimentación, zapatas, columnas así como en los prefabricados y por lo tanto la importancia de cumplir con los requisitos de calidad indicada en la normativa establecida aplicada en la construcción de un proyecto real como lo es la Autopista México - Tuxpan.

La primera etapa de construcción del puente incluye el Estribo #1, el cuál es parte del primer apoyo y se encuentra localizado a 16 km de Xicotepec, cerca de la localidad llamada “Las Pilas”.

Es aquí en donde se coló la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” (Ver Figura 6), además en la Tabla 6 se especifican las características más importantes del puente, así como información básica de cómo se llevó a cabo el presente trabajo de **Tesis**.

TABLA 6

CARACTERÍSTICAS DE LA ZAPATA DEL ESTRIBO #1 DEL PUENTE "SAN MARCOS"	
Dimensiones de la Zapata:	22 x 10 x 2.5 = 550 m3
Resistencia de Proyecto:	f'c = 250 kg/cm2
Proveedor de Concreto:	Cemex, Las Pilas, PUE.
Temperatura en Las Pilas, PUE.:	30°C



FIGURA 6
ZAPATA DEL ESTRIBO #1 DEL PUENTE “SAN MARCOS”

1.3 Metodología De La Investigación

Como ya se mencionó, este trabajo de **Tesis** busca comprobar si en el estudio de las 6 pruebas básicas para el concreto realizadas en un laboratorio acreditado bajo la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006** se obtendrán los resultados esperados de calidad, tiempo, seguridad y dentro de los costos permisibles, en comparación con los generados en un laboratorio no acreditado para finalmente poder evaluar que estudio es más rentable.

Por ello nos comprometimos a que la política de calidad del laboratorio acreditado estuviera basada en el sistema de gestión de calidad conforme a la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006**, aplicable tanto a las actividades de inspección y servicio como a la elaboración de las 6 pruebas básicas para el concreto, con el personal técnicamente capacitado y familiarizado con los procedimientos correspondientes que permitan alcanzar la completa satisfacción del cliente, siempre procurando la mejora continua y eficacia del sistema.

Se contempló la solución de problemas tanto en campo como en laboratorio como eje de la modalidad, con el fin de estimular la exploración de la investigación bibliográfica sobre el tema para integrar los conocimientos adquiridos, en lugar de manejar conceptos aislados.

1.3.1 Programa De Estudio

Se establece un programa de estudio el cual consiste en realizar por lo menos 20 de ellos para cumplir con los requisitos respecto al aseguramiento de calidad (Ver Apéndice de Definiciones *B.186*).

Cada estudio se realiza iniciando por el muestreo y siguiendo la secuencia correspondiente dependiendo el caso u objetivo final, con el fin de mantener bajo control todas las variables propias de cada una de las 6 prueba básicas para el concreto, es decir, las 2 tendencias que se manejaron fueron:

A) Tendencia No. 1

- Muestreo
- Determinación del revenimiento en el concreto fresco

A) Tendencia No. 2

- Muestreo
- Determinación del revenimiento en el concreto fresco
- Determinación de la masa unitaria (Si era el caso)
- Elaboración de especímenes de concreto
- Curado de especímenes de concreto
- Cabeceo de especímenes de cilíndricos de concreto
- Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto

Ahora, es importante mencionar que en el programa de estudio se contempló realizar las siguientes actividades:

- Estudio de las 6 normas mexicanas para conocer de cada una de ellas, el objetivo y campo de aplicación, las definiciones correspondientes, el equipo necesario, el material auxiliar, las condiciones ambientales, la preparación y el acondicionamiento de la muestra, el cálculo y la expresión de los resultados, el informe de la prueba, entre otros.
- Se verificó que contáramos con todo el equipo, aparatos e instrumentos necesarios para la correcta elaboración de cada una de las 6 pruebas básicas para el concreto, así como también una idea de los problemas que se pudieran presentar tanto en campo como en el laboratorio para tomar las medidas precautorias convenientes.
- Las muestras para elaborar el estudio se realizaron únicamente para las mezclas de concreto que contaran tanto con la misma dosificación, así como con la misma resistencia y de preferencia para un mismo elemento estructural.
- De inicio se verificó el control de calidad mediante la prueba para determinar el revenimiento en el concreto fresco en todas las revolvedoras.
- Se determinó el muestreo en función de la producción de concreto que realiza la planta de CEMEX, Las Pilas, PUE. en un día normal de trabajo así como en base a la norma mexicana NMX-C-155-ONCCE-2004.
- Se realizó la prueba para el cálculo de la masa unitaria en aquellas muestras seleccionadas en función del muestreo.
- Continuamos con la elaboración en obra de 5 cilindros de concreto para cada una de las muestras antes mencionadas.
- Después seguimos con el procedimiento establecido tanto para el curado de especímenes cilíndricos de concreto como para el cabeceo y el ensaye en el laboratorio.
- Por último se recopilaron los datos o resultados que generaron cada uno de los laboratorios.
- Se evaluaron los resultados por medio de gráficas para ser comparados con los permisibles y así obtener los beneficios o las desventajas que cada estudio presentó, emitiendo conclusiones para cada una de las 6 pruebas, así como las conclusiones generales.

1.3.2 Traslado a Sitio

Es importante reportar la cantidad de viajes o traslados que tuvimos que realizar de la Ciudad de México a Xicotepec, PUE., por ello en la Tabla 7 se indica el número del viaje, la fecha, el motivo de la visita, la duración de cada uno de ellos, así como la duración total del proyecto en sitio, el cual es directamente proporcional al costo del trabajo investigación para poder llevar a cabo el presente trabajo de ***Tesis***.

TABLA 7

<i>TRASLADOS A SITIO</i>			
<i>No.</i>	<i>Fecha</i>	<i>Motivo de la Visita</i>	<i>Días</i>
1	14/09/2009	Logística	0.5
1	14/09/2009	Regreso	0.5
2	21/09/2009	Logística	0.5
2	21/09/2009	Regreso	0.5
3	30/09/2009	Pruebas	3.0
3	03/10/2009	Regreso	1.0
4	04/10/2009	Pruebas	0.5
4	04/10/2009	Regreso	0.5
5	23/10/2009	Detalles	0.5
5	23/10/2009	Regreso	0.5

De inicio, uno de los factores más importantes para poder realizar el estudio de forma correcta fue contar con el equipo, aparatos e instrumentos necesarios para la elaboración de las 6 pruebas básicas para el concreto.

Este objetivo no solo consiste en llevar el material completo y en buen estado, sino también en asegurarnos de que todo el equipo llegue en condiciones óptimas hasta el lugar donde se realizarán las pruebas, así como regresar al laboratorio tanto bien identificadas como en condiciones adecuadas todas las muestras de estudio, es por ello que el traslado lo hicimos en una camioneta especial de redilas con capacidad de carga igual a 1 Ton (Ver Figura 7), la cual tiene piso de hule antiderrapante, cubierta para protección contra la lluvia y placas para transportar carga privada.



FIGURA 7
CAMIONETA ESPECIAL DE REDILAS

Como ya se mencionó, el elemento principal de estudio para realizar el presente trabajo de **Tesis** fue la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”, el cual se encuentra en el Estado de Puebla, por lo que fue necesario salir de la Ciudad de México por la Av. Insurgentes Norte rumbo a Indios Verdes y Ecatepec .

Posteriormente nos incorporamos a la Autopista de cuota #132, tomando la desviación hacia las Pirámides de Teotihuacán ubicadas en el Estado de México, para después dirigirnos hacia Tulancingo, HGO. y de esta forma ingresar al Estado de Puebla rumbo a la Ciudad de Huachinango.

Como ya se indicó, el trayecto antes mencionado cuenta con Autopista de cuota hasta la zona de Huachinango, PUE., por lo que tuvimos que realizar el pago correspondiente tanto en los traslados de ida como en los de regreso en las casetas ubicadas en Ecatepec, Tejocotal y Nuevo Necaxa respectivamente.

Una vez cruzando la caseta de Nuevo Necaxa tuvimos que tomar la desviación rumbo a la ciudad de Xicotepec, PUE. ó Poza Rica, VER. e incorporarnos a la carretera federal #130, la cual cuenta solamente con 1 carril en cada sentido, con tramos de curvas en todo el trayecto convirtiéndola en el pedazo más peligroso para llegar a la comunidad deseada y que transita en gran parte a un costado de la presa de Nuevo Necaxa como se muestra en la Figura 8.



FIGURA 8
DESVIACIÓN RUMBO A XICOTEPEC, PUE.
PRESA NUEVO - NECAXA

Por cuestiones de seguridad, sabiendo de la importancia de realizar bien el estudio y sobre todo tomando en cuenta que la historia nos indica que los retrasos en los trabajos de obra ocurren prácticamente todos los días, decidimos llegar a sitio únicamente 4 horas antes del supuesto inicio del suministro del concreto masivo (Ver Apéndice de Definiciones B.50), tiempo suficiente para preparar la logística en dado caso de que el colado iniciara conforme a lo programado.

Llegando a Xicotépec, PUE. nos dirigimos al laboratorio central (Ver Figura 9), el cuál se encuentra a 10 min ingresando por el acceso sur, para preparar y organizar de forma eficiente los requisitos técnicos y administrativos antes bajar a la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”.



FIGURA 9
LABORATORIO CENTRAL

Una vez contando con la autorización del laboratorio central y previendo que el colado iniciara a la hora programada, nos preparamos para trasladar todo el material hasta la zona en donde se realizarían las pruebas, para ello fue necesario cambiar todo el equipo, aparatos e instrumentos a una camioneta DODGE RAM con tracción especial 4 x 4 (Ver Figura 10), tomando en cuenta el difícil camino de acceso para llegar hasta la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”.



FIGURA 10
CAMIONETA DODGE RAM CON TRACCIÓN ESPECIAL 4 x 4

Ya conociendo lo que sería nuestro nuevo vehículo a prueba de terracería, se procedió a la carga y descarga de todo nuestro material como lo fue el cono de revenimiento, moldes cilíndricos, carretilla, cucharón, recipiente de 5 l, mazo de goma, desmoldante, varilla para la compactación, enrasador, placa metálica, báscula, placa enrasadora, entre otros (Ver Figura 11), con la finalidad de llevarlos a sitio, teniendo siempre la precaución de ser auxiliados por el personal capacitado por el laboratorio central, además de verificar que todo el personal involucrado, incluyéndonos, contara con el equipo necesario de seguridad como lo es guantes, faja, botas, casco, lentes, entre otros, para realizar esta actividad y así evitar un posible accidente.



FIGURA 11
CARGA DE CAMIONETA DODGE RAM CON EQUIPO PARA PRUEBAS

Terminando con la carga de la camioneta, nos dirigimos hacia la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”, para ello tuvimos que tomar nuevamente la carretera federal #130 con dirección hacia la Ciudad de Poza Rica, VER., y una vez estando en ella tuvimos que recorrer una distancia promedio de 11 km para llegar a la comunidad llamada “Las Pilas”, PUE., lugar donde se encuentra la desviación para tomar el camino de difícil acceso hacia la zona de la obra, posteriormente seguimos recorriendo 5 km de intensa terracería (Ver Figura 12) para llegar hasta nuestro elemento de estudio.



FIGURA 12
CAMINO DE TERRACERÍA

También es importante mencionar que 2 km antes de llegar al Estribo #1 del Puente “San Marcos” se encuentra la planta provisional por parte del proveedor de concreto, que para este elemento fue CEMEX (Ver Figura 13), el cual optó por construir una planta de producción en medio del cerro a pesar de las dificultades que esto implicaba, pero con el objetivo de surtir el gran volumen de este material solicitado por parte del constructor para realizar los trabajos en esta primera etapa.



FIGURA 13
PLANTA CEMEX, LAS PILAS, PUE.

A continuación en la Tabla 8, se presenta el kilometraje desglosado y recorrido desde el laboratorio ubicado en la Ciudad de México hasta prácticamente la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” en las Pilas, PUE.

TABLA 8

DISTANCIA TOTAL ENTRE LOCALIDADES				
Localidad		Kilometraje		
Origen	Destino	Salida	Llegada	Total
México, D. F.	Xicotepec, PUE.	3984	4192	208
Xicotepec, PUE.	Las Pilas, PUE.	4192	4203	11
Las Pilas, PUE.	Estribo #1 PSM	4203	4208	5
México, D. F.	Estribo #1 PSM	3984	4208	224
Estribo #1 PSM	Las Pilas, PUE.	4208	4213	5
Las Pilas, PUE.	Xicotepec, PUE.	4213	4224	11
Xicotepec, PUE.	México, D. F.	4224	4432	208
Estribo #1 PSM	México, D. F.	4208	4432	224

Ya con nuestro elemento de estudio a la vista, nos dirigimos a la parte más cercana de donde se realizaría el colado (Ver Apéndice de Definiciones *B.34*), con el objetivo de encontrar el mejor lugar tanto para descargar el material como para realizar las pruebas con una mayor comodidad.

Tuvimos suerte y encontramos una zona libre cerca de una de las tres tuberías de PVC con diámetro de 13" (32 cm) y espesor de 0.5 cm, apuntaladas en el talud reforzado con concreto lanzado (Ver Apéndice de Definiciones *B.48*) y por las cuales se llevó a cabo el vaciado del concreto para la sección de la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos" que se encontraba antes del armado de la columna (Ver Figura 14), de tal manera que fue en esta área en donde decidimos descargar todo el equipo para poder realizar de la forma más eficiente la primera parte de este trabajo de *Tesis*.



FIGURA 14
TUBERÍA DE PVC PARA VACIADO DE CONCRETO

En esta misma área, fue en donde se desplantó el equipo para poder bombear el concreto (Ver Apéndice de Definiciones *B.37* y *B.38*) a la segunda sección de la Zapata del Estribo #1, tomando todas las precauciones de seguridad indicadas con el fin de evitar un accidente que pudiera provocar pérdidas humanas, ya que se encontraba prácticamente al filo del precipicio, por lo que se optó por cercarlo con las bandas de seguridad, además de estabilizarlo con polines en todas las llantas, así como con bases especiales para cada uno de los soportes del mismo con el fin de generar tracción. Una vez teniendo un avance considerable en la primera sección, vibrando el concreto de forma correcta, se autorizó iniciar el colado de la parte complementaria por medio del equipo mostrado en la Figura 15.



FIGURA 15
EQUIPO PARA CONCRETO BOMBEABLE

Complementando la información, el sistema para estabilizar los taludes en el terreno donde se realizó la excavación para poder desplantar la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” fue a base de concreto lanzado (Ver Figura 16) reforzado con malla, el cual fue también suministrado por la misma concretera y colocado con el equipo adecuado.



FIGURA 16
CONCRETO LANZADO EN TALUDES

Es importante mencionar que antes de realizar el colado, deben limpiarse tanto los elementos de transporte como el lugar donde se va a depositar el concreto, ya que de ninguna manera se debe permitir la colocación de concreto contaminado con materia orgánica, por ello debemos revisar los siguientes aspectos en el elemento estructural con el fin de prevenir fallas y trabajos innecesarios (Ver Figura 17):

- a) Topografía: Que todo el elemento cuente con los niveles de acuerdo al plano correspondiente.
- b) Cimbra: Los moldes que recibirán al concreto deben estar firmemente sujetos, además de encontrarse alineados, nivelados, troquelados y apuntalados.
- c) Acero: El acero de refuerzo deberá estar colocado conforme al proyecto estructural, limpio y sujeto, así como que cumpla con el recubrimiento mínimo requerido para obtener un buen vibrado del concreto y por lo tanto una buena colocación.
- d) Iluminación: Necesaria principalmente para los trabajos realizados en el turno nocturno, e incluso durante el día.
- e) Limpieza: El área en donde se va a vaciar el concreto debe estar libre de material suelto como partículas de roca, polvo, clavos, tornillos, tuercas, basura, etc., esto con el fin de evitar su contaminación.
- f) Agua: No debe existir agua en el lugar del colado, a menos que se hayan tomado las medidas necesarias para colar concreto en agua.

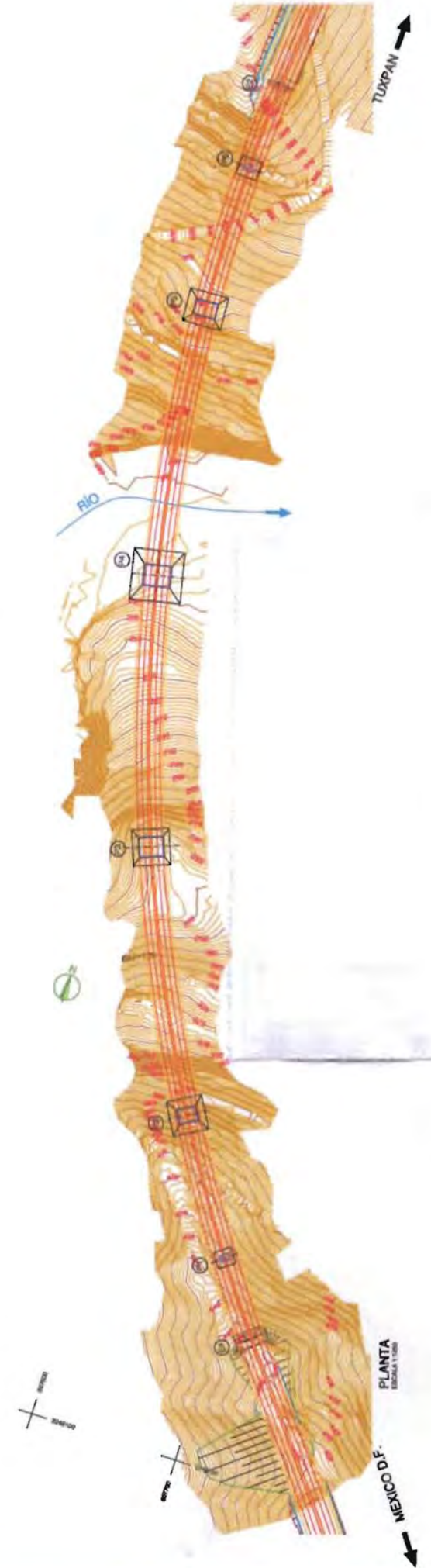
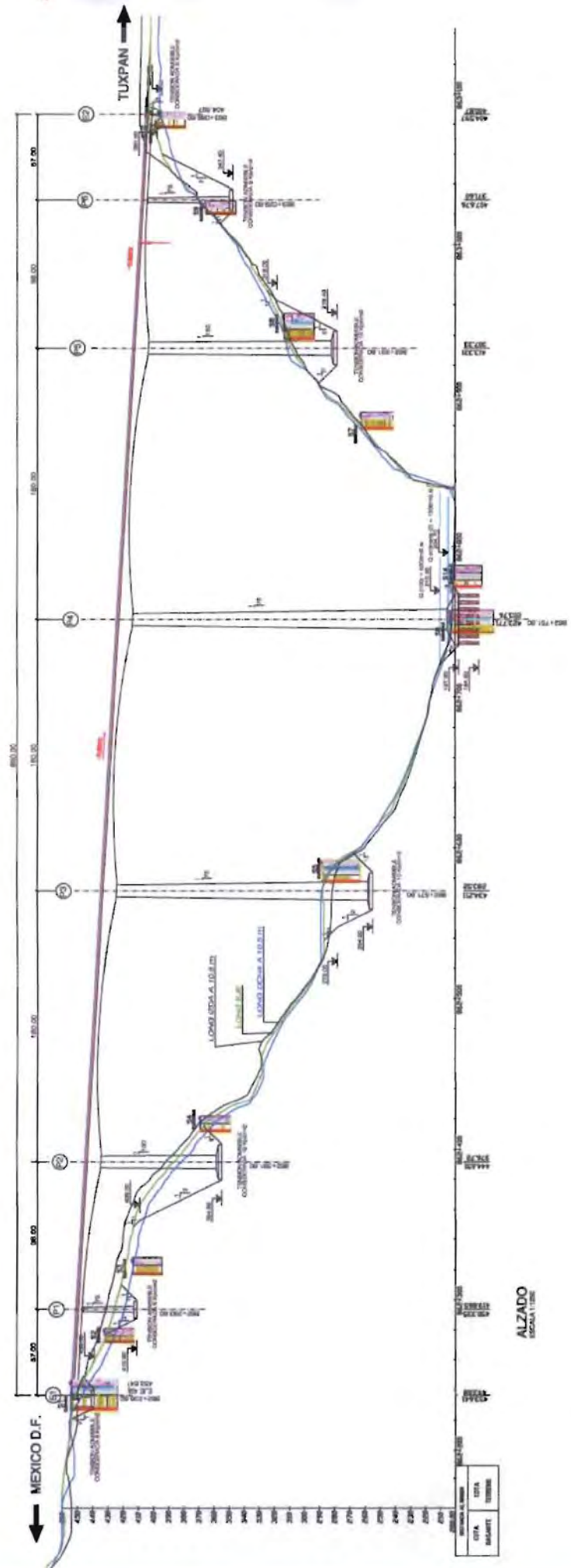


FIGURA 17
VERIFICACIÓN DEL ELEMENTO

Para terminar, uno de los detalles estructurales que más me impresionó, fue imaginar al Puente “San Marcos” terminado, ya que la Ingeniería Civil me sorprende cada día más, debido a la magnitud de los proyectos que puede realizar, refiriéndome principalmente tanto al diseño estructural como al aspecto constructivo, ya que es sorprendente la forma en que van a unir el relieve de dos inmensos cerros (Ver Figura 18) y con ello todas las ventajas que se producirán en la zona.



FIGURA 18
RELIEVE NATURAL EN LA ZONA DE ESTUDIO



PLANO 1 PUENTE "SAN MARCOS"
28

CAPÍTULO II: NORMA MEXICANA NMX-C-161-1997-ONNCCE “INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO FRESCO - MUESTREO”

En la Ingeniería Civil, el muestreo consiste en obtener una porción (muestra) representativa del volumen del concreto fresco tal y como es entregado en la obra, llevándose a cabo inmediatamente después del proceso de descarga.

Es importante mencionar que la prueba del muestreo es la primera de una secuencia importante, es decir, es el inicio para después poder determinar ya sea el revenimiento en el concreto fresco o la masa unitaria, así como también la elaboración en obra de los especímenes de concreto. El muestreo además incluye la identificación y el transporte de las muestras, por ello en este segundo capítulo nos enfocaremos al control de calidad en el concreto fresco que es empleado en la industria de la construcción a través de la prueba del muestreo, explicando el procedimiento completo para realizar la prueba, el objetivo y campo de aplicación, la definición de muestreo, el equipo necesario, entre otros, además, los aspectos en donde se tiene que poner especial atención para su correcta realización.

¿Qué es el muestreo? (Ver Apéndice de Definiciones *B.133* y *B.134*)

El Muestreo consistirá en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura térrea o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto.¹

También se puede definir como una herramienta de la investigación científica, su función es determinar que parte de una realidad en estudio (muestra, población o universo) debe examinarse para dar información sobre ésta, además, el error que se comete por obtener conclusiones sobre cierta realidad a partir de la observación de sólo una parte de ella y que busca reproducir de algún modo sus rasgos básicos, se denomina error de muestreo.

II.1 Metodología Para Realizar La Prueba

II.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación

NMX-C-161-1997-ONNCCE: La presente norma mexicana determina el método para obtener muestras representativas de concreto fresco tal como es entregado a pie de obra (Ver Apéndice de Definiciones *B.209*). El método es aplicable para el muestreo de concreto fresco (Ver Apéndice de Definiciones *B.47*) procedente de mezcladoras estacionarias, de pavimentadoras y de camiones mezcladores, agitadores o de volteo.

¹ SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas, Materiales para Terracerías. Libro 6. Novagraf. México. 1986. Pág. 5.

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna otra a nivel internacional, debido a que no existía referencia alguna al momento de su elaboración.

La presente norma mexicana cancela a la NMX-C-161-1987 y entra en vigor al día siguiente de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 19 de Marzo de 1998 por parte de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).

También es importante mencionar que esta norma mexicana se complementa con la respectiva información vigente incluida tanto en el Apéndice de Referencias *C.1* como en el Apéndice Bibliográfico *D.1*.

II.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos (Ver Figura 19)

- Recipiente

Se necesita un recipiente adecuado, impermeable, limpio y no absorbente, que tenga una capacidad mínima de 15 l, puede ser una cubeta, charola o carretilla.

- Charola

Debe ser un recipiente con la capacidad adecuada para el tamaño total de la muestra, de preferencia de acero, impermeable, limpio y no absorbente.

- Cucharón

Debe ser de forma adecuada para evitar la pérdida de material por sus costados, además, con capacidad aproximada de 1 l, impermeable, limpio y no absorbente.



FIGURA 19
EQUIPO PARA DETERMINAR EL MUESTREO

II.1.3 Procedimientos

Los procedimientos utilizados para el muestreo incluyen todas las operaciones que ayuden a obtener muestras representativas de la naturaleza y de las condiciones del concreto muestreado.

Además, la muestra no debe tomarse hasta asegurarnos de que se haya agregado toda el agua de mezclado (Ver Apéndice de Definiciones *B.11*) y la mezcla sea homogénea.

II.1.3.1 Muestreo De Mezcladoras Estacionarias

La muestra se obtiene interceptando el flujo completo de descarga de la mezcladora, ya sea desviando el flujo completamente o con el recipiente aproximadamente a la mitad de la descarga del tambor de la mezcladora, de tal modo que descargue en el recipiente.

Debe ponerse especial atención en no restringir el flujo de la mezcladora con compuertas u otros medios que causen segregación (Ver Apéndice de Definiciones *B.176*) en el concreto fresco.

II.1.3.2 Muestreo De Pavimentadoras

Se debe descargar el concreto de la pavimentadora y la muestra debe ser tomada con el cucharón (no debemos de utilizar pala) de por lo menos 5 diferentes puntos distribuidos razonablemente en toda el área del volumen descargado, además, debemos evitar la contaminación con el material de sub-base o un contacto prolongado con una sub-base absorbente.

II.1.3.3 Muestreo De La Olla De Camión Mezclador o Agitador

La muestra se toma en tres o más intervalos, interceptando todo el flujo de descarga, teniendo la precaución de no tomarla antes del 15% ni después del 85% de la misma.

El muestreo se hace pasando repetidamente el recipiente en la descarga, interceptándola totalmente cada vez o desviando el flujo completamente de tal modo que descargue en el recipiente.

Es importante mencionar que la velocidad de descarga no debe controlarse por la mayor o menor abertura de la compuerta, sino por el número de revoluciones de la olla.

II.1.3.4 Muestreo De Camiones Caja, Con o Sin Agitadores, De Volteo u Otros

Las muestras representativas de concreto fresco deberán obtenerse por alguno de los procedimientos descritos en los incisos *II.1.3.1*, *II.1.3.2* o *II.1.3.3*, dependiendo el que sea más aplicable a las condiciones dadas.

II.1.3.5 Cantidad De La Muestra

La muestra debe ser una cantidad suficiente para la realización de todas y cada una de las pruebas, además, es recomendable que la muestra sea mayor al volumen requerido y sea proporcional al tamaño máximo del agregado (Ver Apéndice de Definiciones *B.180*).

II.1.3.6 Remezclado De La Muestra

La muestra deberá transportarse cuidando de que no exista pérdida de material al lugar donde se efectuarán las pruebas y para asegurarnos de su uniformidad deberá remezclarse.

II.1.3.7 Tiempo

El intervalo de tiempo entre la obtención de la primera y la última porción de una muestra debe ser tan corto como sea posible y por ningún motivo más de 15 min, es decir, 0.25 hrs.

El período entre tomar la muestra y usarla no debe exceder de 15 min, además, las pruebas de revenimiento o masa unitaria deben iniciarse dentro de los 5 min siguientes de que el muestreo haya sido terminado.

Es importante mencionar que la muestra debe protegerse durante ese intervalo de los rayos solares, el viento y otros factores que puedan causar ya sea contaminación o una rápida evaporación de la misma, por lo que es recomendable cubrir el recipiente con una jerga de tela para cumplir con este fin.

II.2 Elaboración De Pruebas En Campo

II.2.1 Laboratorio Acreditado

II.2.1.1 Factores a Considerar

Como ya se ha explicado, en este capítulo se estudia la calidad del concreto fresco tal como es entregado en obra, ya que existe otra modalidad de realizar el muestreo, la cual consiste en verificar si el concreto que se está produciendo en planta, es decir, en el sitio de elaboración (Ver Apéndice de Definiciones *B.216*) cumple con la calidad y es el adecuado con base en las especificaciones solicitadas por el contratista (Ver Apéndice de Definiciones *B.197*), motivo suficiente por el cual el productor (Ver Apéndice de Definiciones *B.210*) debe facilitar la toma de muestras necesarias ya sea al comprador o al laboratorio acreditado autorizado.

Estas muestras, así como las visitas de inspección, no deben interferir en la producción del concreto, por lo que se recomienda establecer de común acuerdo las fechas y los horarios convenientes con el fin de evitar malos entendidos entre el contratista y el productor.

Regresando a nuestro tema principal de estudio, el cual consiste en realizar el muestreo al concreto fresco entregado en obra, es preciso asegurarnos que la muestra que se va a analizar sea tanto representativa como que nos proporcione información confiable respecto al promedio de las propiedades del concreto fresco en estudio.

A esa muestra bien tomada se le llama representativa y para obtenerla es necesario tomar todas las precauciones ya mencionadas. Sin embargo, es difícil cumplir con un mismo procedimiento de muestreo en sitio, debido a que las condiciones y situaciones que se presentan en campo para la recolección de las muestras pueden variar demasiado de una obra a otra.

No obstante, la clave para obtener resultados confiables consiste en estar concientes de que siempre debemos tomar muestras representativas respecto al total del concreto fresco que será suministrado a cada elemento estructural, cumpliendo en todo momento con los procedimientos que indica la presente norma mexicana.

Partiendo de las cuestiones básicas para realizar la prueba del muestreo, es importante indicar que tanto el concreto hidráulico ya sea en estado fresco o endurecido como el hecho en obra (Ver Apéndice de Definiciones *B.191*) por medios mecánicos, los cuales son utilizados como materia en la construcción y son entregados en estado fresco a pie de obra, deben cumplir con las especificaciones establecidas en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 (Ver Apéndice de Referencias *C.1*).

Es relevante señalar que el responsable de la calidad del concreto a pie de obra conforme a las especificaciones indicadas en el proyecto, es el productor del mismo, y el responsable de mantener la calidad del concreto entregado en sitio, de su transporte dentro de la obra, colocación, acomodo, consolidación, así como del curado, es el usuario (Ver Apéndice de Definiciones *B.218*).

Es válido que el propietario de la obra, ante las autoridades correspondientes, pueda delegar al Director Responsable de Obra (Ver Apéndice de Definiciones *B.199*), o en su caso, a la autoridad equivalente según el reglamento de construcciones de la región local, la responsabilidad de la verificación del cumplimiento de los requerimientos mínimos especificados en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004, quienes pueden evidenciar el cumplimiento de los requerimientos por medio de un certificado otorgado por un organismo debidamente reconocido y apoyado en los informes emitidos por un laboratorio acreditado, de competencia reconocida y debidamente autorizado por el responsable.

Es recomendable realizar el muestreo del concreto fresco con la frecuencia indicada en la Tabla 9, todo el procedimiento es por día de colado y tomando como mínimo el número de muestras señalado para cada caso en particular, con el fin de que el procedimiento resulte efectivo.

Además, cuando las condiciones del medio ambiente lo ameriten, al concreto fresco se le deberá realizar la prueba para determinar su temperatura. La muestra se toma con base en la presente norma mexicana y con la frecuencia mínima requerida en la Tabla 9 o bien, la que el Director Responsable de Obra (DRO) o su equivalente indique considerando el tipo de construcción.

TABLA 9

FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO EN OBRA		
Prueba	Método o Procedimiento	Frecuencia
Revenimiento	NMX-C-156-ONNCCE	En todas las entregas o de acuerdo a especificaciones de obra
Resistencia a la Compresión	NMX-C-083-ONNCCE	A cada 40 m ³ o fracción
Masa Unitaria	NMX-C-162-ONNCCE	Una por cada día de colado
Contenido de Aire	NMX-C-162-ONNCCE	En cada entrega y en caso de producción continua a cada 12 m ³
Temperatura	Solamente si es mayor a 32° C y menor de 7° C	En cada entrega y en caso de producción continua a cada 12 m ³

En el caso de que la muestra obtenida sirva para realizar posteriormente la prueba para determinar la resistencia a la compresión (Ver Apéndice de Definiciones B.161), se deben elaborar como mínimo 2 especímenes para ser ensayados a cada edad específica, la cual depende directamente del tipo de concreto establecido en el proyecto, por lo que se tiene que poner mucha atención en que la cantidad de la muestra sea la suficiente para poder elaborar todos los cilindros de ella misma.

Si el objetivo de la muestra es realizar la prueba para determinar el contenido de aire en el concreto fresco, en el caso particular de que el concreto sea suministrado con aire incluido, deben hacerse por lo menos en aquellas entregas en donde se obtengan muestras que sirvan para elaborar cilindros de concreto que serán ensayados a la edad especificada para determinar su resistencia a compresión.

En cuanto al transporte y la entrega del concreto, uno de los principales factores que influye directamente para poder autorizar la prueba del muestreo, está en función del tiempo que transcurre en descargar el concreto por parte del productor en el elemento solicitado por el contratista, ya que la descarga total del mismo debe hacerse a lo más dentro de la primera hora y media posterior a la introducción inicial del agua en la mezcla.

En caso de no cumplir con esta condición, debemos informar al Director Responsable de Obra (DRO) el motivo por el cual la olla deberá regresarse, es decir, no autorizar su descarga, debido a que ha excedido el tiempo permisible y el concreto ha empezado a fraguar.

Sin embargo, si es que no se toma en cuenta este factor tan importante y el concreto es autorizado, siempre existirá la posibilidad de detectar en otras entregas posteriores que cuenten con la misma dosificación y que sean para el mismo elemento estructural, que el concreto no cumpla con la calidad especificada, por lo que se corre el riesgo de demoler todo lo que se alcanzó a colar, lo que provocará principalmente tanto pérdida económica como retraso de tiempo.

También puede suceder que en condiciones especiales cómo el factor de la temperatura ambiente o el empleo de aditivos, esta limitación de tiempo total de descarga pueda modificarse de común acuerdo entre el fabricante y consumidor.

Otra de las cuestiones que es importante revisar para poder realizar la prueba del muestreo en el concreto fresco, es la que se refiere a los datos del pedido, por lo que de inicio, es importante verificar que los datos para el pedido del concreto sean los correctos, dependiendo de la resistencia de proyecto y en base a la de cada elemento estructural por colar, ya que debemos especificar lo siguiente y por lo tanto nuevamente revisar que los datos aparezcan en todas las notas de remisión al momento de la entrega en obra.

- A) Nombre del solicitante (Contratista).
- B) Lugar de entrega (Domicilio).
- C) Número de la presente norma mexicana (NMX-C-161-1997-ONNCCE).
- D) Cantidad parcial de m³ de concreto fresco (De cada revolvedora).
- E) Cantidad por entregar de m³ de concreto fresco (Respecto al total).
- F) Grupo correspondiente de contratación (1, 2 ó 3).
- G) Resistencia especificada a compresión en kg/cm² (De proyecto).
- H) Edad a la que se garantiza la resistencia de proyecto (Regularmente para concreto tipo normal es a 28 días, a menos de que se establezca otra diferente de común acuerdo entre el productor y el usuario).
- I) Tamaño máximo nominal del agregado grueso (T. M. A.).
- J) Revenimiento en cm solicitado en obra (NMX-C-156-1997-ONNCCE).

Ahora, opcionalmente y a solicitud del consumidor pueden señalarse los datos siguientes y aparecer en las notas de remisión de las entregas:

- A) Contenido de aire en el sitio de descarga, cuando se solicite concreto con aire incluido.
- B) Tipo o tipos requeridos de cemento, pero si no lo especifica, el cemento empleado queda a elección del fabricante.
- C) Uso de agregado ligero que satisfaga los requisitos del proyecto.
- D) Uso de aditivos.
- E) Uso de agregados especiales o adicionantes, como barita, mármol, fibra y otros.
- F) Requisitos adicionales a lo indicado en esta norma mexicana.

El objetivo de mencionar los puntos anteriores, se debe a que las bases de contratación para concreto hidráulico industrializado, es decir, para el concreto premezclado (Ver Apéndice de Definiciones *B.53*), se clasifican en tres grupos, los cuales indican la forma de cómo se deslindan las responsabilidades del diseño del concreto entre el fabricante y el usuario. Los tres grupos antes mencionados son:

- A) Grupo 1: El usuario asume la responsabilidad del diseño.
- B) Grupo 2: El fabricante asume la responsabilidad del diseño.
- C) Grupo 3: El fabricante asume la responsabilidad del diseño y el consumidor fija el contenido mínimo de cemento.

NOTA: Para los grupos 2 y 3, el fabricante debe proporcionar evidencia satisfactoria de que los materiales que emplea producen un concreto de la calidad especificada.

Cuando uno se encuentra en campo, es donde realmente entendemos muchas de las situaciones que realmente se viven en obra, aquellas circunstancias que son difíciles de imaginar, pero que llegan a presentarse, por lo que no es de extrañarse que en algún caso en particular el consumidor no esté preparado para recibir el concreto, aún cuando en la mayoría de la ocasiones él es quién libera el pedido del mismo, en esos casos, al fabricante no se le puede exigir su responsabilidad respecto a las limitaciones de revenimiento mínimo y contenido de aire después de que haya transcurrido un periodo total de espera de 30 min a la velocidad de agitación, por ello de este momento en adelante, el consumidor asume la total responsabilidad sobre las condiciones del concreto entregado.

Para terminar, en caso de que la resistencia a la compresión sea la base de la aceptación y cuando las pruebas de resistencia obtenidas por un laboratorio autorizado por las partes que intervienen en la obra, en muestras obtenidas de la unidad de transporte, en el punto de entrega y realizadas siguiendo las normas correspondientes, no cumplan con las especificaciones de proyecto, el fabricante de concreto y el consumidor deben entablar pláticas para llegar a un acuerdo.

Si no se llegara a un acuerdo satisfactorio, la decisión debe partir de un grupo de tres técnicos, con capacidad reconocida en la materia, uno de los cuales debe ser nombrado por el consumidor, otro por el fabricante y el tercero escogido de común acuerdo por los dos anteriores. La responsabilidad del costo de dicho arbitraje debe ser definida por el grupo. La decisión es inapelable, excepto que se modifique por una disposición legal.

II.2.1.2 Muestreo

Como ya se ha mencionado, el objetivo y campo de aplicación de la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** es indicar el procedimiento correcto para obtener muestras representativas de concreto fresco tal como se entrega en sitio.

Bien sabemos que al concreto se le puede transportar por diferentes métodos y equipos como los indicados en el inciso *II. 1.3*, por ello la presente norma mexicana respalda que el método es aplicable para realizar este trabajo de **Tesis**, ya que las pruebas de muestreo se realizaron al concreto fresco procedente de camiones revolvedores, conocidos comúnmente como ollas (Ver Figura 20), que salieron de la Planta de Cemex ubicada en Las Pilas, PUE., hacia la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”.



FIGURA 20
CAMIÓN REVOLVEDOR (OLLA)

Una ventaja de estos camiones revolvedores es que realizan el mezclado durante su trayecto al sitio donde se colocará el concreto, ahorrando con ello tiempos muertos en planta. La mezcla deberá durar en el camión revolvedor un mínimo de 70 a 100 revoluciones a una velocidad de 10 a 12 revoluciones por min.

Es importante mencionar que el método de dosificado en seco resulta ser el más adecuado para trayectos largos, de difícil acceso o bien, para obras en las que se tenga demora en la colocación del concreto, ya que consiste en aplicarle el agua a los agregados hasta el momento en que arriban a la obra.

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, los recipientes que se utilizaron para la toma de las muestras de concreto fresco provenientes de las ollas, fueron 2 carretillas de acero, las cuales cumplieron con las especificaciones de impermeabilidad, limpieza, absorción y capacidad mínima para el tamaño total de la muestra. En lo que se refiere al cucharón, también cumplió con todos los requerimientos antes mencionados, además de hacerlo tanto en su forma para evitar la pérdida de material como con la capacidad adecuada de 1l.

Es importante recordar que la muestra no debe tomarse hasta asegurarnos de que se haya agregado toda el agua de mezclado y ésta sea homogénea, además es importante que el operador enjuague tanto el canalón de la revolvedora como la compuerta por donde saldrá la descarga antes de realizar el vaciado, así como de asegurarnos que la carrerilla se encuentre húmeda antes de recibir la muestra de concreto (Ver Figura 21).



FIGURA 21
CONDICIÓN DE HUMEDAD PARA LA PRUEBA DE MUESTREO

Una vez verificados estos factores en cada una de las ollas que llegaban a la zona de descarga de la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”, se autorizó tomar la muestra (Ver Figura 22), la cual se realizó interceptando todo el flujo de descarga y en una sola exhibición, intentando respetar el criterio que nos indica esta norma mexicana de no tomarla antes del 15% respecto al total de la misma.

Es importante realizar el muestreo del concreto fresco con la frecuencia mínima indicada en la Tabla 9, es por ello la prueba se realizó con base en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 e incluso se optó por aplicar un factor de seguridad, ya que el muestreo fue aplicado a cada 25 m³, es decir, con una mayor frecuencia al permisible.



FIGURA 22
TOMA DE MUESTRA DE CONCRETO FRESCO

Más adelante en las conclusiones, indicaré una incongruencia que en mi opinión tiene la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE**.

En lo que se refiere a la cantidad de la muestra, ésta depende directamente del objetivo final se que tiene para cada una de ellas, por ejemplo, en muestras que solo sirvieron para determinar el revenimiento en el concreto fresco, la cantidad de la muestra es considerablemente menor que para una muestra que sirvió para determinar la masa unitaria, o peor aún, para elaborar cilindros de concreto, siempre respetando la condición de que la muestra fuera superior al supuesto volumen requerido.

Una vez teniendo la muestra de concreto fresco en la carretilla, el siguiente paso consistió en trasportarla con mucho cuidado a la zona donde se efectuaron las pruebas correspondientes, teniendo siempre la precaución de cubrir la carretilla con una jerga, con el fin de protegerla del intenso calor o del viento principalmente y así evitar contaminación o una rápida evaporación (Ver Figura 23).



FIGURA 23
TRANSPORTE Y PROTECCIÓN DE LA MUESTRA

Ya instalados y antes de empezar con cualquiera de las pruebas antes mencionadas, debimos remezclar la mezcla de concreto fresco con el cucharón durante un tiempo promedio de 15 seg con el fin de garantizar su uniformidad, así como de utilizarla en un tiempo no mayor a los 15 min.

Como ya se mencionó en la Tabla 6, la capacidad de la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos" fue de 550 m³ aproximadamente, por lo que fue necesario suministrar la cantidad de 85 ollas revolvedoras de concreto para dar abasto a tal volumen de solicitado.

Al final de este capítulo en el inciso //.3 se anexa el formato del reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado indicando:

- A) Datos de Proyecto (Generales y particulares).
- B) Datos de la revolvedora (Remisión y clave).
- C) Hora de salida de la Planta.
- D) Hora de llegada al Estribo #1.
- E) Tiempo de traslado.
- F) Hora de inicio del colado.
- G) Hora de término del colado.
- H) Duración del colado.
- I) Número de muestra para elaboración de cilindros de concreto.
- J) Número de revolvedora de donde se tomó la muestra.
- K) Revenimiento en cm.
- L) Volumen parcial en m³.
- M) Volumen acumulado en m³.
- N) Referencias Normativas.
- O) Observaciones
- P) Personal que elaboró, revisó, y aprobó los datos.

Por último, una vez utilizada la muestra, tanto la carretilla como el cucharón deben lavarse inmediatamente, con el fin de evitar que queden residuos de concreto fresco, además de dejarlos en buenas condiciones de limpieza, así como que el material se encuentre listo al momento de tomar la siguiente muestra.

II.2.2 Laboratorio No Acreditado

II.2.2.1 Detalles a Considerar

Esta investigación está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la industria de la construcción, por ello mencionaré aquellos aspectos que intuyo pueden repercutir en el comparativo final de este trabajo de **Tesis**.

Por ejemplo, el equipo utilizado por nuestros colegas, a mi parecer no fue de la calidad requerida para realizar la prueba (Ver Figura 24).

Sin embargo, tampoco puedo asegurar que no cumpla con las condiciones mínimas para realizarla, más bien mi comentario está encaminado a exigir una evaluación del equipo antes de realizar un trabajo en campo y así determinar sus verdaderas condiciones, ya que considero que el contar con un equipo de buena calidad y un rehuso que se encuentre dentro del permisible, es buen parámetro para obtener resultados confiables desde el inicio y no acarrear un error desde el muestreo.

Otro de los detalles más importantes que me llamó la atención, es que en teoría y como la presente norma mexicana lo indica, el personal que realiza las pruebas debe estar técnicamente preparado para elaborarlas, por lo que al dejarlos tomar la iniciativa, iniciaron tomando el muestreo, no respetando el 15% inicial de la muestra que en teoría no debe utilizarse.



FIGURA 24
COMPARACIÓN DE EQUIPO - MUESTREO

De la misma forma, se verificó que la cantidad de la muestra solicitada por nuestros colegas, estuviera acorde dependiendo del fin para la cuál sería utilizada.

Es importante mencionar que un detalle que no aplicaron, fue que al momento de trasladar la muestra al lugar en donde elaboraron las pruebas, lo hicieron sin cubrirla con la jerga correspondiente.

Veremos que tanto afecta este punto, ya que considero importante mencionar que el día del estudio nos encontrábamos cerca de los 30 °C en la región de las Pilas, PUE.

II.3 REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	<i>Autopista México - Tuxpan</i>	Resistencia f'c =	<i>250 kg/cm2</i>
Tramo:	<i>Nuevo Necaxa - Ávila Camacho</i>	Revenimiento =	<i>14 cm</i>
Localización:	<i>Xicotepec, PUE.</i>	T. M. A. =	<i>20 mm</i>
Elemento:	<i>Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"</i>	Tipo De Concreto:	<i>Normal</i>
Fecha:	<i>02 de Octubre del 2009</i>	Proveedor:	<i>Cemex</i>
Turno:	<i>Nocturno</i>	Planta:	<i>Cemex, Las Pilas, PUE.</i>

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida Planta (Hrs)</i>	<i>Llegada Estribo #1 (Hrs)</i>	<i>Tiempo Traslado (Min)</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento (cm)</i>	<i>Volúmen (m3)</i>	<i>Volúmen Acumulado (m3)</i>
<i>Remisión</i>	<i>No.</i>				<i>Inicio (Hrs)</i>	<i>Término (Hrs)</i>	<i>Duración (Min)</i>	<i>Muestra</i>	<i>No.</i>			
1	3442	01:16	01:36	00:20	01:44	01:56	00:12	No	-	17	7	7
2	3940	01:31	02:03	00:32	02:11	02:13	00:02	No	-	17	7	14
3	3926	01:56	02:18	00:22	02:26	02:32	00:06	No	-	17	7	21
4	3930	02:11	02:32	00:21	02:40	02:44	00:04	Si	1	16	6	27
5	3942	02:36	02:58	00:22	03:06	03:09	00:03	No	-	17	6	33
Promedio				00:23	Promedio		00:05	Promedio		16.8		

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	<i>NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE</i> <i>NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE</i> <i>NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004</i> <i>NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000</i>

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
<i>Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez</i>	<i>Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez</i>	<i>Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez</i>

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Nocturno	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Revolvedora		Salida	Llegada	Tiempo	Colado			Muestreo		Revenimiento	Volúmen	Volúmen
					Remisión	No.	Planta	Estribo #1	Traslado			
		(Hrs)	(Hrs)	(Min)	(Hrs)	(Hrs)	(Min)					
6	3929	02:51	03:33	00:42	03:41	03:43	00:02	No	-	16	6	39
7	3442	03:06	03:40	00:34	03:48	03:54	00:06	No	-	16	6	45
8	3940	03:31	03:55	00:24	04:03	04:09	00:06	Si	2	17	6	51
9	3926	03:46	04:19	00:33	04:27	04:37	00:10	No	-	16	6	57
10	3930	04:11	04:40	00:29	04:48	04:52	00:04	No	-	17	6	63
Promedio				00:32	Promedio		00:05	Promedio		16.4	30	

OBSERVACIONES	REFERENCIAS
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Nocturno	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
11	3942	04:26	04:50	00:24	04:58	05:01	00:03	No	-	17	6	69
12	3442	04:41	05:00	00:19	05:08	05:13	00:05	Si	3	16	6	75
13	3940	05:06	05:24	00:18	05:32	05:42	00:10	No	-	16	6	81
14	3929	05:21	05:49	00:28	05:57	06:00	00:03	No	-	16	6	87
15	3926	05:46	06:13	00:27	06:21	06:27	00:06	No	-	17	6	93
Promedio				00:23	Promedio		00:05	Promedio		16.4	30	

OBSERVACIONES	REFERENCIAS
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida Planta (Hrs)</i>	<i>Llegada Estribo #1 (Hrs)</i>	<i>Tiempo Traslado (Min)</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento (cm)</i>	<i>Volúmen (m3)</i>	<i>Volúmen Acumulado (m3)</i>
<i>Remisión</i>	<i>No.</i>				<i>Inicio (Hrs)</i>	<i>Término (Hrs)</i>	<i>Duración (Min)</i>	<i>Muestra</i>	<i>No.</i>			
16	3442	06:01	06:21	00:20	06:27	06:39	00:12	Si	4	17	7	100
17	3940	06:45	07:17	00:32	07:19	07:21	00:02	No	-	17	7	107
18	3926	07:08	07:30	00:22	07:33	07:39	00:06	No	-	17	7	114
19	3930	07:23	07:44	00:21	07:45	07:49	00:04	No	-	14	6	120
20	3942	07:37	07:59	00:22	08:01	08:04	00:03	Si	5	17	6	126
Promedio				00:23	Promedio		00:05	Promedio		16.4	33	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
21	3929	07:46	08:28	00:42	08:29	08:31	00:02	No	-	16	6	132
22	3442	07:55	08:29	00:34	08:32	08:38	00:06	No	-	16	6	138
23	3940	08:20	08:44	00:24	08:45	08:51	00:06	No	-	17	6	144
24	3926	08:42	09:15	00:33	09:17	09:27	00:10	Si	6	16	6	150
25	3930	09:11	09:40	00:29	09:41	09:45	00:04	No	-	17	6	156
Promedio				00:32	Promedio		00:05	Promedio		16.4	30	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
26	3942	09:25	09:49	00:24	09:50	09:53	00:03	No	-	17	6	162
27	3442	09:31	09:50	00:19	09:55	10:00	00:05	No	-	16	6	168
28	3940	09:42	10:00	00:18	10:03	10:13	00:10	No	-	16	6	174
29	3929	09:52	10:20	00:28	10:22	10:25	00:03	Si	7	16	6	180
30	3926	10:00	10:27	00:27	10:29	10:35	00:06	No	-	17	6	186
Promedio				00:23	Promedio		00:05	Promedio		16.4	30	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
31	3930	10:15	10:40	00:25	10:43	11:01	00:18	No	-	17	7	193
32	3942	10:25	10:58	00:33	11:04	11:08	00:04	No	-	17	6	199
33	3442	10:35	11:00	00:25	11:10	11:15	00:05	Si	8	16	6	205
34	3940	10:42	11:09	00:27	11:17	11:21	00:04	No	-	17	6	211
35	3926	11:04	11:32	00:28	11:35	11:44	00:09	No	-	16	6	217
Promedio				00:27	Promedio		00:08	Promedio		16.6	31	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>Acumulado</i>
												<i>(m3)</i>
36	3929	11:32	11:58	00:26	12:00	12:08	00:08	No	-	16	6	223
37	3942	11:40	12:05	00:25	12:10	12:24	00:14	Si	9	17	6	229
38	3442	12:03	12:30	00:27	12:34	12:38	00:04	No	-	16	6	235
39	3930	12:15	12:40	00:25	12:45	12:52	00:07	No	-	13	6	241
40	3940	12:20	12:53	00:33	12:55	13:11	00:16	No	-	16	6	247
		Promedio		00:27	Promedio		00:09	Promedio		15.6	30	

OBSERVACIONES	REFERENCIAS
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Vespertino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
41	3926	12:45	13:08	00:23	13:16	13:23	00:07	Si	10	10	6	253
42	3929	12:52	13:20	00:28	13:28	13:32	00:04	No	-	17	7	260
43	3442	13:06	13:26	00:20	13:34	13:40	00:06	No	-	17	7	267
44	3942	13:20	13:52	00:32	13:58	14:04	00:06	No	-	17	7	274
45	3930	13:30	14:00	00:30	14:07	14:09	00:02	Si	11	17	7	281
Promedio				00:26	Promedio		00:05	Promedio		15.6	34	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Vespertino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
46	3940	13:49	14:19	00:30	14:21	14:25	00:04	No	-	17	7	288
47	3926	13:57	14:17	00:20	14:25	14:37	00:12	No	-	16	7	295
48	3929	14:06	14:25	00:19	14:29	14:38	00:09	Si	12	16	7	302
49	3442	14:17	14:45	00:28	14:48	14:53	00:05	No	-	16	6	308
50	3942	14:33	14:52	00:19	14:55	15:01	00:06	No	-	17	7	315
Promedio				00:23	Promedio		00:07	Promedio		16.4	34	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Vespertino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>Acumulado</i>
												<i>(m3)</i>
51	3930	14:49	15:02	00:13	15:03	15:08	00:05	No	-	17	7	322
52	3940	14:55	15:16	00:21	15:20	15:25	00:05	Si	13	17	7	329
53	3926	15:09	15:32	00:23	15:35	15:43	00:08	No	-	17	7	336
54	3442	15:19	16:04	00:45	16:09	16:14	00:05	No	-	13	7	343
55	3929	16:05	16:31	00:26	16:35	16:42	00:07	Si	14	17	7	350
		Promedio		00:25	Promedio		00:06	Promedio		16.2	35	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Vespertino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
56	3942	16:31	16:54	00:23	16:55	17:06	00:11	No	-	17	7	357
57	3930	16:40	17:05	00:25	17:08	17:13	00:05	No	-	16	7	364
58	3940	16:51	17:12	00:21	17:13	17:20	00:07	No	-	14	7	371
59	3926	17:00	17:20	00:20	17:24	17:32	00:08	Si	15	16	7	378
60	3442	17:10	17:30	00:20	17:33	17:39	00:06	No	-	17	7	385
Promedio				00:21	Promedio		00:07	Promedio		16.0	35	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Vespertino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
61	3929	17:18	17:40	00:22	17:42	17:50	00:08	No	-	16	7	392
62	3942	17:33	17:50	00:17	17:53	18:01	00:08	No	-	14	7	399
63	3930	17:50	18:10	00:20	18:11	18:18	00:07	Si	16	16	7	406
64	3940	18:02	18:15	00:13	18:18	18:29	00:11	No	-	17	7	413
65	3926	18:10	18:35	00:25	18:36	18:41	00:05	No	-	17	7	420
Promedio				00:19	Promedio		00:07	Promedio		16.0	35	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Vespertino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>					
66	3442	18:20	18:44	00:24	18:47	18:51	00:04	Si	17	16	7	427
67	3929	18:30	19:00	00:30	19:02	19:11	00:09	No	-	14	7	434
68	3942	18:44	19:08	00:24	19:12	19:18	00:06	No	-	17	7	441
69	3930	18:55	19:13	00:18	19:15	19:21	00:06	No	-	17	7	448
70	3940	19:06	19:25	00:19	19:28	19:40	00:12	Si	18	14	7	455
Promedio				00:23	Promedio		00:07	Promedio		15.6	35	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Nocturno	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen Acumulado</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>(m3)</i>
71	3442	19:20	19:46	00:26	19:51	19:58	00:07	No	-	17	7	462
72	3926	19:30	19:55	00:25	19:58	20:08	00:10	No	-	16	7	469
73	3929	19:38	20:11	00:33	20:13	20:20	00:07	Si	19	15	7	476
74	3942	19:47	20:18	00:31	20:19	20:25	00:06	No	-	17	7	483
75	3930	19:55	20:34	00:39	20:37	20:44	00:07	No	-	17	7	490
Promedio				00:30	Promedio		00:07	Promedio		16.4	35	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
<i>Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez</i>	<i>Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez</i>	<i>Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez</i>

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Nocturno	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida Planta (Hrs)</i>	<i>Llegada Estribo #1 (Hrs)</i>	<i>Tiempo Traslado (Min)</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento (cm)</i>	<i>Volúmen (m3)</i>	<i>Volúmen Acumulado (m3)</i>
<i>Remisión</i>	<i>No.</i>				<i>Inicio (Hrs)</i>	<i>Término (Hrs)</i>	<i>Duración (Min)</i>	<i>Muestra</i>	<i>No.</i>			
76	3940	20:25	20:46	00:21	20:48	20:53	00:05	No	-	16	7	497
77	3442	20:37	20:58	00:21	21:03	21:11	00:08	Si	20	17	7	504
78	3926	20:47	21:09	00:22	21:10	21:21	00:11	No	-	17	7	511
79	3929	21:04	21:39	00:35	21:40	21:43	00:03	No	-	17	7	518
80	3942	21:14	21:45	00:31	21:49	21:55	00:06	Si	21	17	7	525
Promedio				00:26	Promedio		00:06	Promedio		16.8	35	

OBSERVACIONES	REFERENCIAS
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

REPORTE DE MUESTREO Y COLADO DE CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Nocturno	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>Revolvedora</i>		<i>Salida</i>	<i>Llegada</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Colado</i>			<i>Muestreo</i>		<i>Revenimiento</i>	<i>Volúmen</i>	<i>Volúmen</i>
					<i>Remisión</i>	<i>No.</i>	<i>Planta</i>	<i>Estribo #1</i>	<i>Traslado</i>			
		<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Hrs)</i>	<i>(Min)</i>			<i>(cm)</i>	<i>(m3)</i>	<i>Acumulado</i>
												<i>(m3)</i>
81	3940	21:29	21:55	00:26	22:03	22:10	00:07	No	-	16	7	532
82	3442	21:54	22:19	00:25	22:27	22:37	00:10	No	-	17	7	539
83	3926	22:09	22:42	00:33	22:50	22:57	00:07	No	-	17	7	546
84	3929	22:34	23:05	00:31	23:13	23:19	00:06	Si	22	17	7	553
85	3942	22:49	23:28	00:39	23:36	23:43	00:07	No	-	17	7	560
		Promedio		00:30	Promedio		00:07	Promedio		16.8	35	

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

CAPÍTULO III: NORMA MEXICANA NMX-C-156-1997-ONNCCE “INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO”

Al concreto se le deben realizar varias pruebas importantes para determinar su calidad y saber si cumple o no con las especificaciones que marca el proyecto, por ello en este tercer capítulo y después de conocer el método para obtener muestras representativas de concreto (muestreo), nos enfocaremos a la prueba para determinar el revenimiento en el concreto fresco, de la misma forma, se explicará el procedimiento completo para realizar la prueba, el objetivo y campo de aplicación, la definición de revenimiento, el equipo necesario, la precisión y el informe de la prueba, entre otros, además, los factores en donde se debe tener mayor cuidado para la correcta realización de la misma.

¿Qué es el revenimiento? (Ver Apéndice de Definiciones *B.168*)

El revenimiento es la medida de la consistencia del concreto fresco en términos de disminución de altura.¹

La clave de la prueba es detectar si existen variaciones en el revenimiento de un concreto fresco específico, es decir, con una misma dosificación, ya que es una forma de detectar algún cambio en la relación agua - cemento y por lo tanto en la resistencia, por estas razones se considera válido utilizar esta prueba como criterio para la aceptación o el rechazo del concreto fresco.

La prueba sirve para determinar la consistencia o fluidez que tiene un mismo concreto y se hace en campo, ya que es necesario realizarla a cada proveedor de concreto antes de ser vaciado. En caso de no realizarla y el concreto es vaciado, se corre el riesgo de demoler todo lo que se alcanzó a colar (Ver Apéndice de Definiciones *B.34*) con dicho volumen y en la circunstancia más desfavorable de que el concreto no cumpla con la calidad especificada, provocará tanto pérdida económica como retraso de tiempo principalmente.

III.1 Metodología Para Realizar La Prueba

III.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación

NMX-C-156-1997-ONNCCE: La presente norma mexicana establece los procedimientos para determinar la consistencia, la trabajabilidad o la fluidez (Ver Apéndice de Definiciones *B.59* y *B.93*) del concreto fresco mediante la prueba del revenimiento. Es importante mencionar que la prueba no es aplicable en concretos con tamaño máximo nominal del agregado mayor de 50 mm.

¹ GARCÍA RIVERO JOSÉ LUIS. Manual Técnico de Construcción. 1ra. Edición. Porrúa. México. 2002. Pág. 142.

El resultado de la prueba de revenimiento debe medirse con una aproximación de 1 cm, además, es importante mencionar que el alcance de esta prueba es obtener valores confiables en revenimientos con un intervalo entre 2 y 20 cm.

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna otra a nivel internacional, debido a que no existía referencia alguna al momento de su elaboración.

La presente norma mexicana cancela a la NMX-C-156-1988 y entra en vigor al día siguiente de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 19 de Marzo de 1998 por parte de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).

También es importante mencionar que esta norma mexicana se complementa con la respectiva información vigente incluida tanto en el Apéndice de Referencias C.2 como en el Apéndice Bibliográfico D.2.

III.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos (Ver Figura 26)

- Molde (Ver Apéndice de Definiciones B.131)

Se requiere de un molde de metal o de cualquier material no absorbente y que no sea susceptible a ser atacado por la pasta (Ver Apéndice de Definiciones B.140) de cemento, además, debe ser rígido y tener forma de un “tronco” de cono, de 20 cm de diámetro en la base inferior, 10 cm de diámetro en la parte superior y 30 cm de altura; se acepta una tolerancia de ± 3 mm en cualquiera de estas dimensiones (Ver Figura 25).



FIGURA 25
CONO DE REVENIMIENTO

La parte superior y la base tienen que ser paralelas entre sí y deberán formar un ángulo recto respecto al eje longitudinal del cono. El molde deberá contar con dos estribos para apoyar los pies y con dos asas para levantarlo.

La superficie interior del molde deberá ser lisa, libre de remaches, además, el cuerpo del cono no debe tener abolladuras y puede estar fabricado ya sea con junta o con costura.

El molde puede tener bridas o abrazaderas en la parte inferior para sujetarlo a una base de material no absorbente, en lugar del tipo mostrado en la Figura 25 y el sistema de sujeción debe ser tal, que pueda aflojar sin mover el molde.

- Varilla Para La Compactación

Se necesita una barra de acero de sección circular, lisa, recta, de 5/8" de diámetro (16 mm aproximadamente) y 60 cm de longitud, con uno o los dos extremos de forma semiesférica y del mismo diámetro de la varilla.

- Placa Base De Apoyo

De acero, de sección cuadrangular, de 40 x 40 cm de longitud, lisa, recta, no absorbente y que no sea susceptible a ser atacada por la pasta de cemento.

- Equipo Auxiliar

Además del equipo antes mencionado, será necesario para la correcta realización de la prueba del revenimiento en el concreto fresco el siguiente material: escala, flexómetro, guantes de hule, cucharón y pala.



FIGURA 26
EQUIPO PARA DETERMINAR EL REVENIMIENTO

III.1.3 Procedimientos

Como ya se mencionó, la muestra debe obtenerse conforme a los requisitos indicados en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** (Ver Apéndice de Referencias C.2).

Una vez obtenida la muestra, debemos remezclar el concreto lo suficiente para garantizar su uniformidad mediante una pala o un cucharón, posteriormente se procede a realizar la prueba de inmediato.

Lo primero es humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie horizontal, húmeda, plana, rígida y no absorbente, además, es muy importante que el operador mantenga el molde firme y en su lugar durante todo el proceso de llenado, apoyando los pies en los estribos.

Se procede a llenar el cono en tres capas aproximadamente de igual volumen, en donde la primera corresponde a una altura aproximada de 7 cm (1/3 de la altura), la segunda debe llegar a una altura de 15 cm aproximadamente (2/3 de la altura) y la tercera al extremo del molde (3/3 de la altura).

Cada capa se debe compactar con 25 penetraciones de la barra de acero, introduciéndola por el extremo redondeado y distribuidas uniformemente sobre toda la sección de cada capa, por lo que será necesario inclinar la varilla ligeramente en la zona perimetral debido a la forma geométrica del molde, además, la mitad de las penetraciones (unas 12 o 13 aproximadamente) deben hacerse cerca del perímetro, posteriormente, ya con la varilla en posición vertical se avanza en espiral hacia el centro.

Siguiendo con el proceso, se deben compactar tanto la segunda capa como la capa superior a través de todo su espesor, de tal forma que la barra de acero penetre en la capa anterior (primera y segunda) unos 2 cm aproximadamente, después, para el llenado de la última capa se coloca un ligero excedente de concreto por encima del borde superior del cono de revenimiento, antes de iniciar con la compactación (Ver Apéndice de Definiciones B.35).

Si por el efecto de la compactación, el concreto llegara a asentarse en un nivel inferior respecto al borde superior del cono ya sea en la décima y/o vigésima penetración, debemos agregar concreto en exceso para garantizar el nivel por encima del borde del molde durante todo el tiempo de llenado.

Después de haber terminado la compactación de la capa superior, se procede a enrasar el concreto mediante un movimiento de rodamiento con la varilla, posteriormente, se limpia la superficie exterior de la base de asiento y se levanta inmediatamente el cono con mucho cuidado en dirección vertical.

Ahora, el proceso para levantar completamente el cono debe realizarse en 5 seg, se acepta una tolerancia de ± 2 seg, el molde debe alzarse verticalmente sin que exista movimiento lateral o torsional, además, es importante mencionar que la operación completa que inicia desde el llenado hasta que se levanta el cono, debe hacerse sin interrupción y por ningún motivo en un tiempo mayor de 2.5 min, es decir, 150 seg.

El siguiente paso es medir de inmediato el revenimiento para conocer el asentamiento que el concreto fresco ha experimentado a partir del nivel original de la base superior del cono, es decir, a la masa de concreto que queda sobre la base se le medirá su revenimiento, apoyando sobre el cono la varilla en posición horizontal.

Para determinar el resultado de esta prueba, se mide la distancia que existe entre la varilla y un punto medio (ni el más bajo ni el más alto) de la masa de concreto fresco y a tal medición expresada en cm se le denomina revenimiento de la muestra.

Si por alguna razón se presenta que alguna porción del concreto fresco se desliza o cae hacia un costado, debemos desechar la prueba y efectuar otra con una nueva porción de la misma muestra.

En caso de repetirse este acontecimiento, en dos pruebas consecutivas hechas de la misma muestra, en donde se presentan fallas al caer parte del concreto fresco, lo más seguro es que estemos trabajando con un concreto que carece de la necesaria plasticidad y cohesividad para llevar a cabo la prueba, en esta circunstancia, no es aplicable la prueba de revenimiento, además, si se busca confirmar esta situación, tendremos que obtener una nueva muestra de la misma entrega.

III.1.4 Informe De La Prueba

El informe de la prueba para determinar el revenimiento en el concreto fresco debe contener como mínimo los siguientes datos:

- A) Revenimiento obtenido en cm.
- B) Revenimiento de proyecto en cm.
- C) Tamaño máximo del agregado en mm.
- D) Identificación del elemento en donde se utilizó el concreto.

III.2 Elaboración De Pruebas En Campo e Informe De Resultados

III.2.1 Laboratorio Acreditado

III.2.1.1 Factores a Considerar

Durante años, una de las principales características del concreto en estado fresco evaluadas en obra ha sido el revenimiento, por ello podemos concluir que la prueba para determinar el revenimiento en el concreto fresco, es utilizada prácticamente en todas las obras de construcción a nivel mundial, la cual tiene como uno de sus objetivos medir la consistencia, además de ser muy útil en la revelación de variaciones respecto a la uniformidad de las mezclas que tengan la misma dosificación.

Por lo regular, el concreto fresco tiene solamente interés pasajero, pero es importante conocer que el grado de compactación afecta de forma seria su resistencia, de ahí la importancia de que la consistencia de la mezcla sea tal, que al concreto fresco se le pueda transportar, colocar, compactar, así como darle el acabado final con cierta "facilidad" sin que presente segregación.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el revenimiento debe ser el mínimo requerido para que el concreto pueda fluir a través de las barras de refuerzo o para que pueda bombearse si es el caso, así como para lograr un acabado satisfactorio.

Sin embargo, esta característica no ha garantizado la homogeneidad y la consolidación del concreto, debido a que en el proceso de transportación, colocación, compactación y acabado interviene la mano de obra.

La forma de medir el grado de plasticidad o de consistencia en el concreto fresco, es por medio de la prueba de revenimiento. El revenimiento es hasta ahora, la propiedad del concreto con que se busca correlacionar tanto la facilidad de colocación del material como una correcta consolidación en la estructura.

Se dice que un concreto que se puede compactar con cierta facilidad es trabajable, pero que depende de los medios de compactación disponibles. Es importante hacer notar que esta trabajabilidad es relativa, por ejemplo, aquella trabajabilidad conveniente para un concreto masivo, no es necesariamente suficiente si tenemos secciones altamente reforzadas, delgadas o de difícil acceso. A continuación en la Tabla 10 se indica la trabajabilidad, así como la magnitud aproximada del revenimiento expresada en mm.

Además, el término de consistencia en el concreto fresco, se llega a utilizar para indicar el grado de humedad, es decir, que dentro de ciertos límites, los concretos húmedos son más trabajables que los secos, pero los concretos de la misma consistencia pueden variar en trabajabilidad, ya que como a cabo de mencionar la trabajabilidad es relativa.

TABLA 10

DESCRIPCIÓN DE TRABAJABILIDAD	
Trabajabilidad	Revenimiento (mm)
Sin Revenimiento	0
Muy Baja	5 a 10
Baja	15 a 30
Media	35 a 75
Alta	80 a 155
Muy Alta	160 a Colapso

Ampliando la información, en la Tabla 11 se presenta la clasificación propuesta en la norma europea ENV 206, la cual presenta como diferencia el medir el revenimiento hasta los 10 mm más cercanos respecto a la Tabla 10.

TABLA 11

CLASIFICACIÓN DE TRABAJABILIDAD	
Trabajabilidad	Revenimiento (mm)
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	Mayor a 160

Otro de los factores que afecta de forma considerable la trabajabilidad del concreto es el agua, por lo que el contenido máximo debe limitarse de tal forma que el revenimiento nominal del concreto no exceda los 10 cm.

En caso de que un concreto se requiera aumentar en más de 10 cm su revenimiento nominal, el incremento debe obtenerse por medio del uso de aditivos (Ver Apéndice de Definiciones B.185), ya que es válida su utilización para satisfacer los requisitos especificados tanto para el concreto fresco como para el endurecido.

Es importante mencionar que para la selección y el uso de aditivos químicos para el concreto, se debe consultar la norma mexicana NMX-C-255-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.2) y cumplir tanto con los métodos de prueba, así como con los requisitos especificados.

Los aditivos se utilizan para permitir ya sea la colocación del concreto en condiciones difíciles, o bien, para que pueda ser bombeado de forma correcta, por ello se autoriza aumentar el revenimiento nominal hasta un máximo de 18 cm, mediante el uso de aditivo superfluidificante, de tal forma que no se incremente el contenido unitario de agua.

En tal caso, la verificación del revenimiento en sitio, se realizará antes y después de incorporar el aditivo superfluidificante, es decir, será necesario realizar 2 pruebas para posteriormente compararlas con los valores nominales de 10 y 18 cm respectivamente.

Si el concreto es premezclado y se elabora con un revenimiento nominal mayor de 10 cm, el producto deberá ser entregado con un comprobante que avale la incorporación del aditivo en planta, por lo que el revenimiento obtenido en sitio se deberá compararse únicamente con el revenimiento nominal máximo de 18 cm.

Las demás propiedades del producto, incluyendo las del concreto endurecido, se determinarán en muestras que ya incluyan dicho aditivo.

También se permite la inclusión de aditivos como retardantes de fraguado, en la circunstancia de que se requiera transportar el concreto a sitio, los cuales permitan realizar la entrega del producto en el tiempo y en las condiciones acordadas.

El Corresponsable en Seguridad Estructural (Ver Apéndice de Definiciones *B.198*) o bien el Director Responsable de Obra (DRO), podrán autorizar la incorporación del aditivo superfluidificante en la planta de premezclado para cumplir con revenimientos nominales mayores de 10 cm y podrán inspeccionar tal operación en planta cuando lo juzguen conveniente.

En la misma circunstancia de que los aditivos vayan a ser utilizados en obra, el responsable de la misma, debe solicitar al fabricante o al distribuidor, la información técnica e instrucciones para su almacenamiento, uso correcto y evidencias de su calidad satisfactoria, con el fin de aprobar su empleo e informar al productor del concreto para su consentimiento.

En cuanto a la entrega y el transporte del concreto, el revenimiento debe estar dentro de los valores permisibles, durante los primeros 30 min medidos a partir de que la revolvedora llega a la obra, ya que el periodo máximo de espera en el sitio de entrega es de 30 min a la velocidad de agitación.

Si existe duda sobre el valor obtenido, es válido solicitar una segunda prueba, la cual debe hacerse de inmediato, ya sea con una misma porción de la misma muestra o con otra muestra de la misma entrega, la cual será la definitiva para cuestiones de aceptación o de rechazo.

En caso de presentarse una segunda falla, debemos analizar que el concreto no ha cumplido con los requisitos de especificación, por lo tanto, en caso de autorizar su aceptación, el contratista se responsabiliza íntegramente de su utilización.

III.2.1.2 Determinación Del Revenimiento En El Concreto Fresco

Como ya se ha explicado, el objetivo y campo de aplicación de la norma mexicana **NMX-C-156-1997-ONNCCE** es controlar la calidad en el concreto fresco, mediante los procedimientos para determinar su fluidez o consistencia aplicando la prueba del revenimiento.

Sabemos que al concreto se le puede dosificar con diferentes tamaños de agregados, respecto a ello, la presente norma mexicana tiene una restricción, la cual indica que el procedimiento no es aplicable para concretos que cuenten con un tamaño máximo nominal del agregado mayor de 50 mm, así como que el alcance de la prueba es obtener valores confiables en revenimientos con un intervalo entre los 2 y 20 cm.

Es importante mencionar que al final del capítulo anterior (Ver Inciso II.3), se encuentra el formato de reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado referente a la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos", es aquí donde se indica que el tamaño máximo del agregado fue de 20 mm, así como que el revenimiento de proyecto solicitado por el contratista fue de 14 cm, motivo por el cuál la presente norma mexicana respalda que el método es aplicable para realizar este trabajo de **Tesis**, ya que las pruebas de revenimiento se realizaron al concreto fresco que tenía unas características tanto de agregado como de revenimiento dentro de los valores permisibles.

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, el equipo que se utilizó para la prueba de revenimiento en el concreto fresco fue:

- A) Dos conos de revenimiento (moldes), los cuales cumplieron con los requisitos indicados en el inciso III.1.2 respecto al material, geometría, dimensiones, resistencia, limpieza y absorción, además de contar con dos estribos para apoyar los pies y con dos asas para levantarlo, así como que la superficie interior del molde fuera lisa y libre de remaches.
- B) Una varilla para la compactación, la cual de la misma forma cumplió con los requisitos del material, sección, diámetro y longitud, además de contar con los dos extremos de forma semiesférica y del mismo diámetro de la varilla.

- C) Una placa base a apoyo, de las mismas características que el cono de revenimiento en cuanto al material, geometría, dimensiones, resistencia, limpieza y absorción.
- D) Un cucharón, el cual también cumplió con los requerimientos mencionados, además de hacerlo tanto en su forma para evitar la pérdida de material como con la capacidad adecuada de 1l.

Como ya hemos comentado, al concreto en estado fresco, antes de realizar su colocación en la cimbra, se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos de revenimiento especificado para su aceptación, por ello la prueba de revenimiento se realizó al concreto muestreado en obra con base en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 y de acuerdo a la frecuencia indicada de la Tabla 9.

La prueba de revenimiento se hace en campo, ya que es necesario realizarla a cada camión revolvedor (olla) de concreto antes de ser vaciado, en caso de no aplicar la prueba y vaciamos el concreto, corremos el riesgo de que el concreto no cumpla con la calidad requerida por el proyecto.

Como bien se indica y de acuerdo a la frecuencia mínima establecida, la prueba de revenimiento se realizó a las 85 revolvedoras encargadas de surtir los cerca de 550 m³ más el ajuste correspondiente indicado en la Tabla 6, con el objetivo de poder colar la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”.

Para reducir la influencia que sobre el revenimiento tiene la variación en la fricción superficial y para lograr resultados satisfactorios en la prueba, es básico estar preparado momentos antes de realizar la prueba del muestreo, por ello el material para elaborar la prueba de revenimiento (Placa base de apoyo y cono de revenimiento) tienen que cumplir tanto con las condiciones de humedad como que se encuentren bien nivelados.

El primer paso es humedecer la placa base de apoyo, la cual tendrá que colocarse en el suelo y para garantizar su nivelación debemos auxiliarnos con arena (Ver Figura 27), esto nos permitió nivelar el área de desplante y generar fricción entre la placa y el terreno, lo que beneficia a que el operador mantenga el molde firme y en su lugar durante todo el proceso de llenado, además, el interior del cono de revenimiento también deberá ser humedecido antes de realizar el muestreo, así como una vez limpio evitar su contaminación.



FIGURA 27
ARENA PARA NIVELAR EL EQUIPO DE REVENIMIENTO

Debido a los factores antes mencionados, es importante recordar que la prueba completa para determinar el revenimiento en el concreto fresco, la cual inicia desde el llenado hasta que se levanta el cono, debe realizarse sin interrupción y por ningún motivo en un tiempo mayor de 2.5 min.

Una vez tomada la muestra por los procedimientos especificados en la norma mexicana **MMX-C-161-1997-ONNCCE**, se procede a realizar la prueba de revenimiento, de inicio debemos remezclar la muestra lo suficiente mediante el cucharón y así garantizar su uniformidad, además es importante mencionar que la prueba debe iniciarse de inmediato y por ningún motivo fuera de los 5 min siguientes a partir de que el muestreo fue terminado.

El siguiente paso es aplicar el procedimiento de llenado descrito en el inciso *III. 1.3*, el cual de forma muy general consiste básicamente en llenar el cono de revenimiento en tres capas iguales y compactar con 25 penetraciones cada una mediante la barra de acero.

Es importante cumplir con el proceso de compactación tanto para la segunda capa como para la capa superior, por ello verificamos que la barra de acero penetrara en la capa anterior (primera y segunda) aproximadamente 2 cm, posteriormente para el llenado de la tercera capa se colocó un excedente de concreto, antes de iniciar con la compactación.

De hecho, un acontecimiento que se presentó constantemente, fue que debido al efecto de la compactación de la tercera capa, el concreto se asentaba por debajo del borde superior del cono de revenimiento, por lo que con esta misma frecuencia debimos agregar concreto en exceso para garantizar el nivel por encima del borde del molde durante todo el tiempo de llenado (Ver Figura 28).



FIGURA 28
EXCEDENTE DE CONCRETO PARA GARANTIZAR EL NIVEL

Siguiendo con el procedimiento establecido en la presente norma mexicana y después de terminar con el proceso de compactación de las tres capas, la siguiente actividad fue enrasar el concreto mediante un movimiento de rodamiento con la varilla (Ver Figura 29).



FIGURA 29
ENRASADO DE CONCRETO - RODAMIENTO DE VARILLA

En ocasiones es complicado entender el motivo por el cual no se realizan las actividades como se indica en la normativa establecida, mas adelante en el inciso *III.2.2.1* explicaré a que me refiero respecto al rodamiento de la barra de acero.

Ya con la superficie enrasada, procedimos a limpiar el concreto derramado que se encontraba en el área inmediatamente alrededor de la placa base de apoyo, el cual pudo haber caído ocasionalmente como producto de la compactación, esto con el fin de evitar que existiera alguna especie de “apoyo” que pudiera influir en el desplazamiento de la muestra al momento de levantar el cono.

Verificando que no existieran residuos de concreto en la placa base de apoyo, se autorizó levantar inmediatamente el cono, lo cual se realizó en un promedio de 3 a 4 seg, cumpliendo con el parámetro permisible para realizar esta operación.

De igual forma tuvimos que verificar que esta operación se realizara en dirección vertical, ya que como la presente norma mexicana lo establece, no es válido levantar el cono de revenimiento mediante movimientos laterales o torsionales.

Siguiendo con los procedimientos indicados y con el objetivo de conocer el asentamiento que el concreto fresco experimentó, nos enfocamos a medir el revenimiento, para ello debimos invertir el cono, así como colocarlo sobre la placa base de apoyo lo más cerca posible de la masa de concreto fresco en estudio, posteriormente colocamos la barra de acero con la cual realizamos la compactación sobre la base mayor del cono invertido, esto con la finalidad de que exista una referencia física y así poder tomar la medición. Por último, mediante un flexómetro determinamos el resultado de la prueba, midiendo la distancia entre la varilla y el punto medio de la masa de concreto fresco (Ver Figura 30).



FIGURA 30
REVENIMIENTO DE LA MUESTRA

A tal medición expresada en cm se le denomina revenimiento de la muestra y para poder asegurar que el concreto cumple con el requisito de revenimiento, el valor determinado en la prueba debe coincidir con el valor nominal especificado en la Tabla 12, tomando en cuenta su respectiva tolerancia.

TABLA 12

VALOR NOMINAL DEL REVENIMIENTO Y TOLERANCIA PERMISIBLE	
Revenimiento Nominal (mm)	Tolerancia (mm)
Menor de 50	± 15
De 50 a 100	± 25
Mayor de 100	± 35

Como ya hemos mencionado, el resultado de la prueba de revenimiento debe medirse con una aproximación de 1 cm, por lo que todos los revenimientos fueron cerrados con este parámetro como se indica en el formato de reporte correspondiente.

Al final del capítulo II (Ver Inciso II.3), se encuentra el formato de reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte de nuestro laboratorio acreditado indicando el revenimiento obtenido en cm para cada una de las muestras, el revenimiento de proyecto, el tamaño máximo del agregado, así como la identificación del elemento en donde se utilizó el concreto.

En caso de que el revenimiento sea inferior al límite solicitado (Incluyendo su tolerancia) existen 2 posibilidades:

- A) El contratista puede aceptar el concreto en las condiciones reales, si es que asegura que no tendrá dificultades para su colocación, ya que por ningún motivo debe añadirse agua a la revolvedora en sitio.
- B) El productor con previa autorización del contratista puede agregar algún aditivo para obtener el revenimiento dentro de los límites requeridos, mezclando adicionalmente con el fin de cumplir con los requisitos especificados. Es muy importante no llevar el revenimiento arriba del solicitado.

Si el concreto en lugar de revenirse de forma uniforme y ocurre por alguna razón que alguna porción del concreto fresco se desliza o cae hacia un costado en un plano inclinado, se dice que ha ocurrido un revenimiento cortante (Ver Figura 31), por lo que debemos desechar la prueba y efectuar otra con una nueva porción de la misma muestra.



FIGURA 31
REVENIMIENTO CORTANTE

En caso de que el revenimiento cortante persista en dos pruebas consecutivas hechas de la misma muestra, como puede ser el caso de mezclas ásperas, nos indicará que estamos trabajando con un concreto que carece de plasticidad y cohesión para realizar la misma.

Bajo esta circunstancia, la prueba de revenimiento no es aplicable y en caso de comprobar esta situación, tendremos que aplicar la prueba a una nueva muestra de la misma entrega.

De la misma forma, si en lugar de revenirse de forma uniforme y ocurre que la porción del concreto fresco se desploma, es señal de que ha ocurrido un revenimiento colapso (Ver Figura 32), el cual ocurre con frecuencia cuando el revenimiento del concreto muestreado es mayor al establecido por el proyecto, incluyendo su tolerancia, por lo que debemos considerar seriamente el desechar toda la entrega.

En este último caso, se debe informar tanto a los responsables de la producción como a las autoridades correspondientes de la obra, el motivo por el cual la entrega ha sido rechazada, con el fin de tomar medidas preventivas de los antecedentes mencionados y evitar futuros rechazos.

Por último, una vez terminada la prueba de revenimiento e inmediatamente después de haber desechado la muestra, se procede a lavar tanto el cono de revenimiento como la placa base, así como la varilla para la compactación, con el fin de evitar que queden residuos de concreto fresco, mantenerlos en estado limpio y estar preparados para la elaboración de la siguiente prueba.



FIGURA 32
REVENIMIENTO COLAPSO

III.2.2 Laboratorio No Acreditado

III.2.2.1 Detalles a Considerar

Esta investigación está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la industria de la construcción, por ello mencionaré aquellos aspectos que intuyo pueden repercutir en el comparativo final de este trabajo de **Tesis**.

El equipo con el que realizaron las pruebas cumplía con la calidad mínima requerida, de la misma forma se recomienda evaluar el equipo completo para poder obtener resultados confiables y no generar errores en las lecturas de revenimiento de la muestra.

Un detalle que me llamó la atención, es que se da por hecho y como la presente norma mexicana lo indica, que el personal encargado de realizar la prueba debe ser técnicamente competente para elaborarla, por ello noté que no prepararon el área donde apoyarían su placa base, es decir, no utilizaron arena para nivelarla (Ver Figura 33), esto repercute directamente en la nivelación del cono y por lo tanto en la toma de la lectura del revenimiento, ya que la prueba debe realizarse garantizando dicha nivelación.

Otro factor que no respetaron, es el referente al número de penetraciones por capa que la presente norma mexicana indica, ya que en ocasiones solo realizaron 23 o 24, o bien, el caso contrario, hasta 28 penetraciones por capa.



FIGURA 33
ÁREA NO NIVELADA

Supongo que esto se debió a la falta de concentración del operador, por lo que se les indicó que el número de penetraciones no debía ser mayor o menor a 25.

Otro de los procedimientos que no aplicaron una vez terminada la compactación, fue que al momento de realizar el enrase de la capa superior, no lo hicieron con el movimiento de rodamiento de varilla indicado en la presente norma mexicana (Ver Figura 29), ya que utilizaron la varilla como una especie de regla para eliminar el concreto excedente en la parte superior del molde.

Siguiendo con la serie de procedimientos sin cumplir, el siguiente detalle fue percatarme de que tampoco quitaron el excedente de concreto que se iba acumulando en el área de la placa base de apoyo antes de levantar el cono.

Veremos que tanto afectan estos detalles, ya que considero que son importantes debido a que no cumplen con los procedimientos que indica la presente norma mexicana.

CAPÍTULO IV: NORMA MEXICANA NMX-C-160-ONNCCE-2004 “INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO”

Toda mezcla de agua con cemento, da como resultado una reacción química llamada “hidratación”, la cual hace que el concreto endurezca y vaya desarrollando su resistencia. Este aumento de resistencia, durabilidad e impermeabilidad se observará únicamente cuando el concreto se mantenga tanto en buenas condiciones de humedad como en temperaturas favorables. Por ello en este cuarto capítulo, nos enfocaremos a los procedimientos para elaborar y curar en obra especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto, conociendo el proceso completo de elaboración y curado, el objetivo y campo de aplicación, la definición de curado, el equipo necesario, las condiciones ambientales, la preparación y el acondicionamiento de la muestra, el traslado al laboratorio, el informe de la prueba, entre otros; además, los aspectos de especial atención para la correcta realización de la misma.

¿Qué es el curado? (Ver Apéndice de Definiciones B.71)

Es el proceso mediante el cual, se favorece la hidratación del cemento o de los materiales cementantes en la mezcla, por medio de un ambiente específico de temperatura y humedad.

Otro factor que influye en el curado es el tipo de clima en donde se va a realizar la prueba, es decir, cuando mezclamos, curamos y transportamos concreto en condiciones de alta temperatura ambiental, radiación solar y baja humedad seguramente presentaremos problemas en el incremento de la evaporación del agua y un muy elevado calor de hidratación. A diferencia, en climas fríos, no es tan crítico, solo debemos aplicar agua o aditivos (inclusores de aire y acelerantes) para provocar un aumento en el calor de hidratación.

El objeto de un curado es evitar que durante las siguientes horas a la colocación del concreto se pierda agua por evaporación, ya que ésta se restará de la necesaria para la hidratación del cemento; además disminuirá la ayuda que presta para controlar la temperatura producto del fraguado inicial.¹

IV.1 Metodología Para Realizar La Prueba

IV.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación

NMX-C-160-ONNCCE-2004: La presente norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar en obra especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto.

¹ DÍAZ INFANTE DE LA MORA LUIS ARMANDO. Curso de Edificación. 3ra. Edición. Trillas. México. 2004. Pág. 117.

Es importante mencionar que un espécimen (Ver Apéndice de Definiciones B.80) es una parte de un material que se supone representativa y que se emplea para el estudio de una o varias características.

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna otra a nivel internacional, debido a que no existía referencia alguna al momento de su elaboración.

La presente norma mexicana cancela a la NMX-C-160-1987 y entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 27 de Julio de 2004 por parte de la Secretaría de Economía (SE).

También es importante mencionar que esta norma mexicana se complementa con la respectiva información vigente incluida tanto en el Apéndice de Referencias C.3 como en el Apéndice Bibliográfico D.3.

IV.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos (Ver Figuras 35 y 36)

- Molde (Ver Apéndice de Definiciones B.131)

Tanto los moldes como los accesorios deben ser de fierro fundido, acero u otro material no absorbente y no reactivo al concreto elaborado con Cemento Pórtland (Ver Apéndice de Definiciones B.28) u otro cementante hidráulico, también deben conservar su forma y sus dimensiones bajo condiciones severas de uso, además, deben ser impermeables, es decir, contar con la habilidad para retener totalmente el agua que se vierta en ellos (Ver Figura 34).



FIGURA 34
MOLDE PARA ELABORAR ESPECÍMENES CILÍNDRICOS

En caso de no ser impermeables, se debe utilizar un material sellador, por ejemplo: grasa pesada, parafina microcristalina o arcilla moldeable, con el fin de prevenir filtraciones a través de las juntas (Ver Apéndice Informativo A.2).

También debemos contar con una serie de elementos para sujetar firmemente las placas de base a los moldes, éstos deben revestirse en la parte interior antes de usarse, con un aceite mineral o un material adecuado y no reactivo a los ingredientes del concreto.

- Moldes Cilíndricos

El plano definido por el perímetro del cilindro debe ser perpendicular a su eje y las dimensiones del molde no deben variar por ningún motivo de los valores especificados en:

- No más del 1% en su diámetro.
- No más del 1% del valor nominal en su altura.
- Ningún diámetro nominal debe diferir de cualquier otro en más del 2%.

Además, los moldes cilíndricos deben contar con una base metálica maquinada y en el caso de moldes metálicos o de otros materiales, dicha base debe ser del mismo material que el de las paredes del molde o metálica, con planos lisos y con dispositivos para sujetarla firmemente al molde, con su plano perpendicular al eje, además debe de cumplir con lo establecido en la norma mexicana NMX-C-281 (Ver Apéndice de Referencias C.3).

- Moldes Para Vigas

Los moldes para vigas deben ser de forma rectangular, horizontales y de las dimensiones correctas para producir los especímenes descritos en el Inciso *IV.1.3*.

La superficie interior debe ser lisa, es decir, estar libre de protuberancias, además, cualquiera de sus lados, la parte inferior y los extremos deben formar ángulos rectos (90°) entre sí, también deben ser planos y estar libre de alabeos.

La máxima variación permisible de la sección transversal nominal por ningún motivo debe exceder de 3 mm para moldes de 15 cm o mayores en cuanto a su peralte o ancho.

Los moldes no deben presentar una variación menor de 1.5 mm respecto a la longitud requerida de la pieza (Ver Inciso *IV.1.3*) y deben cumplir con los requisitos de permeabilidad indicados en el Apéndice Informativo A.2.

- Varilla Para La Compactación

Se necesita una barra lisa, de acero, recta, de sección circular, de 5/8" de diámetro (16 mm aproximadamente) y 60 cm de longitud, por lo menos con uno de los extremos semiesféricos y del mismo diámetro de la varilla.

- Vibradores

Los vibradores de inmersión pueden ser ya sea de flecha rígida o de flecha flexible, se recomienda que sean accionados por un motor eléctrico, además, la frecuencia de vibración dentro del concreto debe ser por lo menos de 7000 vibraciones o más por minuto.

La dimensión lateral o el diámetro externo del cabezal deben estar entre los 2 y 4 cm forzosamente, además, la longitud combinada del cabezal y la flecha debe exceder la profundidad máxima de la sección que se va a vibrar en por lo menos 10 cm.

Los vibradores externos pueden ser de dos tipos: de plancha o de masa, además, su frecuencia de vibración por ningún motivo debe ser menor de 3600 vibraciones por minuto.

Debemos contar con elementos adecuados para fijar los moldes firmemente al aparato vibrador y la frecuencia de vibración se verificará por medio de un tacómetro.

Los impulsos vibratorios se imparten por medio de masas excéntricas y vibraciones electromagnéticas, accionados con motores eléctricos tanto directa como indirectamente.

IV.1.2.1 Herramienta Auxiliar

Además del equipo antes mencionado, será necesario para la correcta elaboración y curado en obra de especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto el siguiente material: charolas de lámina, mazo con cabeza de hule, guantes de hule, cucharones, reglas, llanas, enrasadores, palas y recipientes.

- Equipo Para Revenimiento

Como ya se mencionó, el equipo para determinar el revenimiento en el concreto fresco debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma mexicana **NMX-C-156-1997-ONNCCE** (Ver Apéndice de Referencias C.3).

- Recipiente Para Mezclado De La Muestra

El recipiente debe ser una carretilla limpia o una charola de lámina gruesa de metal, no absorbente, con la capacidad suficiente para permitir un mezclado fácil de la muestra con una pala o cuchara.

- Equipo Para Determinar El Contenido De Aire

El equipo necesario para medir el contenido de aire en el concreto cuando así lo requiera el proyecto debe cumplir con los requisitos especificados ya sea en la norma mexicana NMX-C-157-ONNCCE o en la norma mexicana **NMX-C-162-ONNCCE-2000** (Ver Apéndice de Referencias C.3).

- Mazo De Goma

El mazo de goma debe ser un martillo con cabeza de hule que pese 600g, se acepta una tolerancia de ± 20 g.



FIGURA 35
EQUIPO PARA ELABORAR CILINDROS DE CONCRETO



FIGURA 36
EQUIPO PARA REALIZAR EL CURADO

IV.1.3 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra

Para determinar la resistencia a la compresión (Ver Apéndice de Definiciones B.161), los especímenes deben ser cilindros de concreto, colados en posición vertical y con una longitud igual a dos veces su diámetro.

En el caso de que el tamaño máximo nominal del agregado sea superior de 5 cm, el diámetro del cilindro deberá ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado y cuando esto último por "x" razón no sea posible, será necesario cribar (Ver Apéndice de Definiciones B.68) el concreto para eliminar el material mayor de 50 mm.

A menos que se indique en las especificaciones del proyecto, no deben elaborarse en campo cilindros menores de 15 cm x 30 cm (Ver Apéndice Informativo A.3).

Ahora, en caso de que se requiera determinar la resistencia a la flexión (Ver Apéndice de Definiciones B.162), los especímenes deben ser vigas rectangulares de concreto coladas con el eje longitudinal en posición horizontal.

La longitud de las vigas debe ser por lo menos 5 cm mayor que tres veces el peralte en la posición de ensaye y no debe exceder la relación ancho - peralte en 1.5.

Las dimensiones de la viga estándar son 15 cm x 15 cm en sección transversal y debe usarse en concretos con un tamaño máximo del agregado grueso de hasta 50 mm.

En caso que el tamaño máximo del agregado grueso exceda los 50 mm, la menor dimensión de la sección transversal de la viga debe ser por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

A menos que se indique en las especificaciones del proyecto, por ningún motivo deben elaborarse vigas en campo con un ancho o con un peralte menor de 15 cm.

Los especímenes deben de moldearse inmediatamente después de haber sido obtenida y remezclada la muestra, en un lapso de tiempo no mayor a los 15 min, es decir, 0.25 hrs.

IV.1.4 Condiciones Ambientales

IV.1.4.1 Lugar Para El Moldeo

Los especímenes deben ser elaborados sobre una superficie horizontal rígida, libre de vibraciones y perturbaciones, nivelada, en un lugar donde se puedan almacenar sin problema y permanecer cubiertos durante las primeras 24 hrs, además de evitar golpes, inclinaciones o alteraciones en la superficie del espécimen.

IV.1.4.2 Curado Inicial

Todos los especímenes de prueba deben de almacenarse bajo condiciones que garanticen su temperatura en un intervalo aproximadamente entre los 16 y 27 °C durante las primeras 24 hrs después del moldeado y así prevenir la pérdida de humedad en ellos.

Es importante mencionar que la temperatura de almacenamiento puede regularse por medio de las siguientes formas:

- Por ventilación.
- Por evaporación del agua de la arena o sacos de yute (Ver Apéndice Informativo A.4).
- Usando dispositivos de calentamiento como estufas, focos o cables de calefacción controlados termostáticamente.

Además, el registro de la temperatura de los especímenes deberá determinarse por medio de termómetros de máxima y mínima.

Los especímenes pueden almacenarse en sacos de plástico cerrados, bajo sacos de yute húmedos en climas favorables, en construcciones temporales o en lugares de edificación, en pozos con arena húmeda o en cajas cerradas, así como utilizar otros métodos adecuados siempre y cuando se cumpla con los requisitos anteriores que conserven la temperatura del espécimen y eviten la pérdida de humedad.

IV.1.5 Elaboración De Especímenes

IV.1.5.1 Moldeo y Vaciado Del Concreto

El número de capas requeridas para llenar el molde, el tipo y la altura del espécimen, la forma de compactación, así como el espesor aproximado de las capas debe efectuarse según lo establecido en la Tabla 13.

El concreto debe vaciarse con un cucharón en los moldes y cada porción de concreto contenido en la charola de mezclado debe ser representativa de la revoltura, también es necesario remezclarlo en la charola con una cuchara o pala y así prevenir la segregación (Ver Apéndice de Definiciones B.176) en los especímenes durante el moldeo, además, debemos mover el cucharón alrededor del borde superior del molde conforme el concreto se vaya descargando con la finalidad de asegurar una distribución uniforme del mismo, así como minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde.

TABLA 13

NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS POR LOS ESPECÍMENES			
Tipo y Altura del Espécimen (cm)	Forma de Compactación	Número de Capas	Espesor Aproximado de la Capa (mm)
CILINDROS			
30	Varillado	3 Iguales	100
Más de 30	Varillado	Las que se requieran	100 o fracción
De 30 a 45	Vibrado	2 Iguales	La mitad de la profundidad del espécimen
Más de 45	Vibrado	3 ó más	150 ó lo más cercano posible
VIGAS			
De 15 a 20	Varillado	2 Iguales	La mitad de la profundidad del espécimen
Más de 20	Varillado	3 ó más	100 o fracción
De 15 a 20	Vibrado	1	Profundidad del espécimen
Más de 20	Vibrado	2 ó más	200 ó lo más cercano posible

Después de terminar el procedimiento antes mencionado, se procede a distribuir el concreto por medio de una barra de acero antes de iniciar la compactación.

Ya elaborado el colado de la capa final, debemos añadir una cantidad excedente de concreto de tal forma que sobrepase el cupo del molde y lo llene totalmente después de aplicar la compactación.

IV.1.5.2 Métodos De Compactación (Ver Apéndice de Definiciones B.35)

Toda elaboración adecuada de especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto requiere de métodos de compactación apropiados, por ello se mencionan 4 de los más utilizados:

- El varillado.
- El vibrado.
- La vibración interna.
- La vibración externa.

La selección del método de compactación depende del revenimiento principalmente, a menos que se indique lo contrario en las especificaciones del proyecto y se establezca un método determinado.

Para obtener resultados confiables en la compactación, se recomienda cumplir con la siguiente indicación:

- Debemos varillar los concretos que tengan un revenimiento mayor de 8 cm.
- En concretos con revenimiento entre los 3 y 8 cm tenemos la opción de varillar o vibrar.
- Pero debemos vibrar los concretos con un revenimiento menor de 3 cm.

IV.1.5.2.1 Varillado

Es importante colocar el concreto dentro del molde en el número de capas que se especificó en la Tabla 13 y de igual volumen aproximadamente cada una de ellas, posteriormente se procede a varillar cada capa con el extremo redondeado cumpliendo con el número de penetraciones por capa indicado en la Tabla 14.

TABLA 14

NÚMERO DE PENETRACIONES DE LA VARILLA PARA EL MOLDEADO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	
Diámetro del cilindro (cm)	Número de penetraciones por capa
15	25
20	50
25	75

Comenzamos varillando la capa inferior en todo su espesor, distribuyendo las penetraciones de manera uniforme en toda la sección transversal del molde, continuando con el proceso, debemos permitir que la varilla penetre dentro de la capa inmediata inferior 1 cm aproximadamente cuando el espesor de la capa es menor de 10 cm y aproximadamente unos 2 cm cuando el espesor es de 10 cm o más.

Si por alguna razón la varilla produce algún tipo de oquedad, será necesario golpear ligeramente las paredes del molde con el fin de eliminarla.

Para el caso específico de las vigas, el número de compactaciones con la varilla por capa requerida será de uno por cada 10 cm² de la superficie del espécimen, además, después de que cada capa haya sido varillada, debemos introducir y extraer repetidamente una cuchara u otra herramienta adecuada en toda la zona de contacto del concreto y el molde, es decir, en todo el perímetro.

IV.1.5.2.2 Vibrado

Es importante mencionar que para cada clase de concreto, molde de espécimen y de vibrador empleado, es diferente la duración requerida del vibrado, ésta depende principalmente de la consistencia del concreto y de la efectividad del vibrador.

La vibración solo debe efectuarse el tiempo necesario para conseguir una compactación apropiada del concreto, por lo general, la vibración es suficiente cuando el agregado grueso comienza a desaparecer de la superficie y ésta empieza a tener un aspecto relativamente “liso”, es importante mencionar que en caso de que exista un exceso en la vibración se corre el riesgo de producir segregación.

Los moldes se vibran al momento de ser llenados aproximadamente con volúmenes iguales y empleando el número de capas indicado en la Tabla 13, es importante colocar dentro del molde todo el concreto de una capa antes de iniciar con la vibración de ésta, después, debemos colocar la última capa de tal forma que evitemos rebosar el molde en más de 5 mm, por último, se enrasa la superficie durante la vibración cuando ésta se aplique ya sea exteriormente o interiormente.

En caso de que se enrase la superficie después de la vibración, debemos agregar únicamente la cantidad de concreto necesario con el cucharón para rebosar aproximadamente el molde en 3 mm, enrasándolo y distribuyéndolo en la superficie.

IV.1.5.2.3 Vibración Interna

Para el caso de los cilindros, la relación del diámetro entre el cilindro y el vibrador debe ser de 4 ó mayor.

Al momento de compactar el espécimen, por ningún motivo el vibrador debe tocar los lados o el fondo del molde, también debemos extraer con mucho cuidado el vibrador de tal forma de no producir oquedades en el espécimen, posteriormente después de vibrar cada capa se deben golpear ligeramente los lados del molde para asegurarnos de la total eliminación de burbujas de aire que pudieran quedar atrapadas en el espécimen.

El vibrador siempre deberá introducirse en forma vertical la cantidad de tres veces en diferentes puntos de cada capa, además, el vibrador debe penetrar tanto en la capa que se está vibrando como en la capa inferior 2 cm aproximadamente.

Para el caso de vigas o prismas, el diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser como máximo la tercera parte del ancho total del molde y la flecha del vibrador debe penetrar en la capa interior 2 cm aproximadamente.

El vibrador siempre deberá introducirse en forma vertical, en distancias que no excedan de 15 cm a lo largo de la línea central de la dimensión longitudinal del espécimen. En especímenes cuyo ancho es mayor a 15 cm, debemos realizar inserciones en forma alternada a lo largo de dos líneas de referencia.

IV.1.5.2.4 Vibración Externa

En caso de utilizar el vibrador externo, debemos tomar la precaución de asegurarnos que el molde se encuentre fijado o asegurado al elemento vibratorio, además, el molde debe ser lo suficientemente rígido para no perder su forma geométrica durante el vibrado y asegurar una correcta transmisión en la vibración del concreto.

IV.1.5.3 Acabado (Ver Apéndice de Definiciones B.2)

Después de haber realizado la compactación con cualquiera de los métodos descritos anteriormente, se procede a enrasar la superficie del concreto y terminarla de acuerdo al método utilizado, con la excepción de que el enrasado se haya efectuado durante la vibración descrita en el Inciso IV.1.5.2.2.

En caso de que no se especifique el tipo de acabado, debemos terminar la superficie por medio de un enrasador de metal, el acabado se debe realizar con el número mínimo de pasadas necesarias para obtener una superficie plana y uniforme, que se encuentre a nivel respecto a las orillas del molde y que no cuente con depresiones de más de 3 mm.

También es posible cabecear las superficies de los cilindros recién elaborados con una capa de pasta de cemento puro, de consistencia rígida, que se endurezca y se cure junto con el espécimen, así como cumplir con los requisitos especificados en la norma mexicana **NMX-C-109-ONNCCE-2004** (Ver Apéndice de Referencias C.3).

IV.1.5.4 Curado y Protección Inicial Después Del Acabado

Una forma de evitar la evaporación del agua en los especímenes de concreto sin fraguar (Ver Apéndice de Definiciones B.97) es cubrirlos inmediatamente después de terminarlos con una placa no absorbente y no reactiva o con una tela de plástico resistente, durable e impermeable.

También podemos emplear yute húmedo, pero debemos cuidar el mantenerlo con humedad, evitando el contacto con el concreto hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes, es importante mencionar que al colocar una tela de plástico sobre el yute se contribuye a mantenerlo húmedo.

IV.1.6 Curado De Especímenes

Los especímenes cilíndricos de prueba elaborados como base para la aceptación o el rechazo, así como para comprobar las proporciones de la mezcla y poder determinar su resistencia a la compresión, deben ser retirados de los moldes aproximadamente a las 24 hrs después del moldeado, permitiendo un margen entre 20 y 48 hrs para almacenarse de inmediato en una buena condición de humedad y con una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de la prueba (Ver Apéndice Informativo A.4).

El tratamiento de curado húmedo de los especímenes de mortero y concreto de cementantes hidráulicos debe cumplir con los requisitos especificados en la norma mexicana NMX-C-148-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.3).

A continuación se mencionan algunos aspectos importantes cuando el curado de especímenes cilíndricos se utiliza para determinar el tiempo conveniente para retirar la cimbra o el momento cuando podrá ponerse en servicio una estructura.

Los especímenes cilíndricos elaborados para determinar los objetivos descritos anteriormente, deben almacenarse ya sea en la estructura, sobre ella o lo más cerca posible y recibir la misma protección que los elementos de la estructura que están representando.

Los especímenes cilíndricos deben probarse en la condición húmeda que resulte del tratamiento de curado especificado y para cumplir con estas condiciones, los especímenes hechos con el fin de determinar el momento de poner en servicio una estructura, deberán quitarse de los moldes en el momento del retiro de la cimbra.

Es importante mencionar que debemos seguir en donde sean aplicables las disposiciones respecto al curado de vigas para quitar los especímenes de los moldes.

Ahora, en el caso de las vigas de prueba elaboradas para el control de calidad o como base para la aceptación o el rechazo, así como para comprobar las proporciones de la mezcla y poder determinar su resistencia a la flexión, deben ser retirados del molde entre 24 y 48 hrs después del moldeado y deben curarse de acuerdo con las disposiciones indicadas en este Inciso, con la excepción de que deben almacenarse inmediatamente durante un periodo mínimo de 20 hrs antes de la prueba en agua saturada de cal a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, se acepta una tolerancia de $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

También debemos prevenir el secado de la superficie del espécimen al final del periodo, desde el momento en que retiramos el espécimen del curado hasta el inicio de la prueba, ya que en caso de que se presenten zonas secas en la superficie de los especímenes para flexión inducirán esfuerzos de tensión en las fibras extremas, que de forma importante reducen la resistencia a la flexión de los especímenes.

Para poder determinar el momento en que puede ponerse en servicio una estructura debemos iniciar curando los especímenes de la misma forma que el concreto en la obra, después de haber realizado el moldeado 48 hrs + 4 hrs aproximadamente, se deben transportar los especímenes en los moldes a un lugar seguro, lo más cerca posible al laboratorio de campo para retirar los moldes.

En el caso de contar con especímenes que representan pavimentos o losas apoyadas sobre el suelo, debemos almacenarlos y colocarlos en el suelo donde se moldearon con su superficie superior hacia arriba, además, los lados y extremos de los especímenes deben resguardarse con arena o tierra que deberá mantenerse húmeda, dejando así la superficie superior expuesta al tratamiento de curado.

Si contamos con especímenes que representan concreto estructural (Ver Apéndice de Definiciones *B.46*), debemos almacenarlos lo más cerca posible a la estructura que están representando y también deben recibir la misma protección de temperatura del medio ambiente y curado de ésta.

Es importante mencionar, que al finalizar el periodo de curado debemos dejar los especímenes en un lugar expuesto a las mismas condiciones de intemperie que la estructura.

A todos los especímenes de vigas se les deberá retirar del almacenamiento en el campo y almacenarlos en agua saturada de cal a una temperatura de 23 °C, se acepta una tolerancia de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante aproximadamente 24 hrs + 4 hrs e inmediatamente antes de la prueba para así asegurar una condición uniforme de humedad.

Por último, deberán tomarse todas las precauciones indicadas en este Inciso, con el objetivo de prevenir el secado desde el momento de retiro del curado hasta el inicio de la prueba.

IV.1.7 Traslado Al Laboratorio

Los especímenes de prueba que van a ser transportados de la obra al laboratorio, deben empacarse en cajas de madera resistentes u otros recipientes adecuados, rodeados con aserrín, arena u otros materiales de empaque que contengan una buena condición de humedad, además de protegerse contra la congelación durante el transporte.

Los especímenes al momento de ser recibidos en el laboratorio, deben trasladarse de forma inmediata al cuarto de curado, en el caso de las vigas, deberán transportarse con el eje longitudinal en posición vertical, además, la base de apoyo de los especímenes debe contar con el amortiguamiento necesario para evitar que existan daños considerables en ellos.

IV.1.8 Informe De La Prueba

El informe de la prueba de elaboración y curado en obra de especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto debe contener como mínimo los siguientes datos:

- A) Identificación de los especímenes.
- B) Localización del concreto representado por las muestras.
- C) Fecha y hora de la elaboración de las muestras individuales.
- D) Revenimiento.
- E) Resultado de cualquier otra prueba hecha al concreto.
- F) Método de curado.

IV.2 Elaboración De Pruebas En Campo y En Laboratorio

IV.2.1 Laboratorio Acreditado

IV.2.1.1 Factores a Considerar

Cuando la resistencia a la compresión del concreto endurecido es la base de aceptación, uno de los procedimientos tradicionales para verificar su calidad, es mediante la prueba que es capaz de indicarnos dicha resistencia mediante el ensaye de cilindros de concreto elaborados y curados de forma correcta con base en los procedimientos de la presente norma mexicana.

Fundamentalmente como ya se ha comentado, muchas de las características deseables del concreto están relacionadas con la importancia de su resistencia estructural, por ello es importante seguir cumpliendo con el proceso de calidad, es decir, elaborar y curar los especímenes de forma adecuada. Sin embargo, estos resultados, pueden verse afectados por diferentes factores así como por variaciones que dependen de:

- El muestreo.
- El equipo disponible para la elaboración y el curado.
- El tamaño del espécimen, el cual siempre debe respetar la relación 2:1 indicada en el Inciso *IV.1.3* (Ver Figura 37).
- El método de compactación.
- El traslado al laboratorio.

- El curado.
- El cabeceo.
- La máquina de prueba.
- La velocidad de aplicación de la carga.
- La capacidad del técnico de campo.

Es responsabilidad del técnico de campo establecer prácticas apropiadas tanto de seguridad como de salud para determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras de la prueba antes de su uso, ya que las mezclas frescas de concreto hidráulico pueden causar quemaduras químicas tanto en la piel como en los tejidos en caso de exposición prolongada.

Con el objeto de verificar la resistencia a la compresión para un concreto de las mismas características y nivel de resistencia, la elaboración de los cilindros se debe realizar de acuerdo con la frecuencia mínima de muestreo en obra indicada en la Tabla 9, es decir, como mínimo una muestra por cada día de colado o al menos una por cada 40 m³ de concreto. Sin embargo, en el caso de que el concreto sea utilizado para el colado de columnas, se tomará por lo menos una muestra por cada 10 m³.



FIGURA 37
MOLDES CILÍNDRICOS QUE CUMPLEN CON LA RELACIÓN 2:1

Tanto el productor de concreto como el contratista, deben contar con la información correspondiente de los ensayos, de forma que respalden el cumplimiento de los requisitos especificados por el proyecto, por este motivo se deben elaborar, curar y ensayar al menos dos cilindros para ser analizados a cada edad específica, que dependen directamente del tipo de concreto.

Se entenderá por resistencia de una muestra, al promedio de las resistencias obtenidas de al menos dos de los especímenes probados a la misma edad, ya que puede elaborarse en conjunto desde dos hasta seis cilindros a partir de la misma muestra, excepto en la condición de que en algunos de ellos se haya observado una deficiencia de muestreo, elaboración, manejo, curado o ensaye, por lo que este resultado parcial no debe tomarse en cuenta y el promedio de las resistencias de los especímenes restantes debe ser el considerado como el resultado de la prueba.

La edad en la cual los especímenes se ponen a prueba, depende de las condiciones de la obra así como del tipo de concreto solicitado por el proyecto, por lo que una vez determinando estos periodos, debemos realizar la programación correspondiente para que de la misma forma se lleve a cabo el proceso de curado.

Los documentos contractuales normalmente contienen requerimientos para el tiempo de descimbrado basado en pruebas de cilindros curados en la obra, por ello los cilindros de concreto elaborados con Cemento Portland estándar, es decir, del tipo I (concreto ordinario) deben mantenerse en un ambiente húmedo por lo menos durante siete días y por ningún motivo debe existir un descenso en la temperatura menor a 5 °C.

En concretos que contienen cemento de alta resistencia inicial, es decir, los del tipo III requieren menos tiempo (alrededor de la mitad) y los cementos de fraguado lento como los tipos II, IV, V y el puzolanico necesitan más tiempo que el cemento tipo I (dos o tres veces) para obtener mejores resultados.

Las pruebas de resistencia a la compresión en cilindros de concreto que son bien tratados, es decir, bien elaborados, compactados, trasladados y curados durante los tiempos determinados, nos indicarán un resultado que represente la resistencia potencial del concreto.

Si bien, es entendible que los procedimientos para elaborar, colocar, transportar, compactar, así como curar una estructura real en sitio tienen mayores complicaciones que los mismos procesos para los especímenes de concreto que serán evaluados para determinar sus propiedades, por esta razón es posible y hasta cierto punto lógico que la resistencia del concreto que se encuentra en la estructura sea inferior al resultado generado en la prueba.

En caso de que el objetivo de estudio sea conocer el momento correcto para autorizar el movimiento de la cimbra o bien, para proseguir con la construcción, los especímenes de prueba deberán llevar el mismo procedimiento de curado en condiciones tan similares como sean posibles a las existentes en la estructura real, es decir, en sitio.

Sin embargo, es importante mencionar que incluso los efectos tanto de temperatura como de humedad aplicados no serán los mismos en un cilindro o en una viga de prueba que los efectos en una masa de concreto relativamente grande.

Como ya se ha mencionado, el cilindro normal estándar utilizado para la elaboración de esta prueba y como la presente norma mexicana lo indica es de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, pero en Francia el molde que se utiliza es diferente, ya que las dimensiones aumentan a 15.96 cm y 32 cm respectivamente, el motivo es que con este diámetro se proporciona un área específica de 200 cm².

Esta prueba no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de un concreto que no tenga un asentamiento medible o que requiera de otros tamaños o formas de especímenes a los ya mencionados.

La observación de las partes terminadas de la obra durante todo el periodo de construcción debe ser continua, es decir, los procedimientos de control de calidad, no terminan con el colado del concreto, ya que aún es necesario ver si el concreto será bien curado y estará protegido contra daños.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, sabemos que para obtener un buen concreto, la actividad posterior al colado de una mezcla es el curado, el cual debemos realizar dentro de un ambiente apropiado durante las primeras etapas del endurecimiento.

Los datos resultantes del estudio de resistencia de cilindros curados en la obra servirán como parámetro para:

- Determinar el momento en que una estructura es apta para ser puesta en servicio.
- Comparar los resultados de especímenes curados en laboratorio.
- Comparar los resultados de especímenes ensayados en sitio.
- Evaluar la eficiencia del curado y la protección del concreto en la estructura.
- Programar el tiempo para el retiro de la cimbra o apuntalamiento.

Es importante aclarar que los requisitos de curado son diferentes para cilindros curados en obra a los exigidos para el curado de manera estándar en el laboratorio, por lo que no deben confundirse.

Por ello, los datos resultantes obtenidos del estudio de resistencia de cilindros curados en el laboratorio realizados para este trabajo de **Tesis**, servirán de parámetro en:

- La aceptación o el rechazo respecto a una resistencia específica.
- El control respecto a la dosificación de la mezcla.
- Respaldo el control de calidad por parte del productor.

El curado incluye todos los procedimientos requeridos para promover la hidratación del cemento, la cual consiste básicamente en un control tanto de la temperatura como de la humedad a partir de la superficie del concreto hacia el centro. Pruebas extensivas indican que mientras mayor es la cantidad de humedad retenida dentro del concreto mayor es la eficiencia de curado.

Es importante verificar la prevención de la pérdida de agua que proviene del concreto, ya que afecta adversamente su resistencia, por ello debemos considerar que la temperatura del concreto, la temperatura del aire, así como la velocidad del viento son otros de los factores que afectan el curado de una estructura colada en sitio.

Uno de los factores que determinan el periodo de curado es la temperatura, la cual en obra es prácticamente un hecho que será de variación considerable, por ejemplo, una temperatura baja hace más lenta la reacción de hidratación a diferencia de una temperatura promedio.

Es importante mencionar que el concreto que se encuentra distante de la superficie exterior, es decir, aquel que por el tipo de elemento estructural se halla a cierta profundidad, difícilmente estará sujeto a movimientos de humedad, ya que ésta generalmente afecta a parte de la zona exterior en rango entre los 3 y 5 cm aproximadamente, el detalle es que para elementos de concreto reforzado, esta profundidad es prácticamente toda o la mayor parte de la profundidad del recubrimiento, de ahí su gran importancia.

Por lo tanto, el concreto interior de un miembro estructural por lo general, no es afectado por el curado, por lo que se puede considerar de poca importancia respecto a la resistencia estructural, con la excepción de que sea un elemento muy delgado.

En el caso contrario, las propiedades del concreto en la zona exterior son influenciadas de forma considerable por el curado, ya que es el concreto de esta zona el que está realmente sometido a las condiciones de intemperie, además, la permeabilidad del concreto en la zona exterior tiene una influencia primordial sobre la protección contra la corrosión del acero de refuerzo, por ello debemos dar prioridad al estudio del curado en la zona exterior.

Sin embargo, tradicionalmente los resultados se expresan respecto a la influencia que el curado tiene sobre la resistencia y de esta forma demostrar su efectividad, es decir, comparando los resultados que generan los especímenes almacenados en una pileta con base en los requerimientos que indica la respectiva norma mexicana, con aquellos almacenados mediante otros procesos y en diferentes periodos.

Cuando se utilicen cilindros de prueba para determinar los tiempos de descimbrado, deben curarse de tal modo que el concreto correspondiente a los cilindros se encuentre bajo condiciones que no sean más favorables que las condiciones del concreto que representan, por este motivo deben llevarse registros de las condiciones climáticas y cualquier otra información pertinente.

Especialmente en clima cálido y seco es conveniente el retiro anticipado de las cimbras tanto para el acabado como para el curado, ya que es preferible iniciar el curado tan pronto como sea posible.

Respecto a los métodos de curado es importante reconocer que los procedimientos reales utilizados varían en forma considerable ya que dependen de las condiciones de la obra y principalmente del tamaño, forma y posición del miembro estructural colado.

Uno de los métodos más comunes es aquel en donde debemos surtir el agua que es absorbida por el concreto, el cual requiere que la superficie expuesta del concreto esté continuamente en contacto con el agua durante un periodo específico, iniciándose tan pronto como que la superficie del concreto ya no sea propensa a sufrir algún daño.

Estas condiciones se logran generalmente por medio del rociado, el encharcamiento (inundación) o también cubriendo el concreto con arena, tierra, aserrín o paja húmeda. También el control del tiempo es crítico, ya que anteriormente se estableció que el curado debería iniciarse lo más pronto posible, además de ser continuo.

El método de curado debe aplicarse después de que el sangrado (Ver Apéndice de Definiciones *B.173*) haya dejado de traer agua a la superficie, pero antes de que se haya secado bien la misma, es decir, podemos considerar que el tiempo óptimo para aplicar el curado es el momento en que ha desaparecido el agua libre sobre la superficie del concreto o cuando ya no es visible el brillo del agua.

En superficies inclinadas o verticales el uso de mangueras para remojar es aceptable, sin embargo, siempre un suministro continuo de agua será más eficiente que uno parcial, ya que está comprobado que la influencia de las condiciones de curado sobre la resistencia de cilindros a la compresión es favorable aplicando el encharcamiento.

En lo que corresponde a la calidad del agua que se utiliza para el curado, idealmente se recomienda que sea la misma que se utilizó en el mezclado, ya que el agua de mar puede ocasionar corrosión en el acero de refuerzo o puede causar manchas, aunque en algunos casos la decoración no es tan significativa, sin embargo, lo esencial es que el agua de curado esté libre de sustancias que ataquen al concreto endurecido.

En cuanto a la temperatura del agua, no debe ser mucho menor que la del concreto, se recomienda que exista una diferencia máxima de 11 °C, esto con el fin de evitar un choque térmico.

Con frecuencia surge la pregunta acerca de que método o técnica de curado se debe utilizar, es decir, para un concreto con una relación agua - cemento menor de 0.4 deberá emplearse el curado húmedo cuando sea posible aplicarlo continuamente.

Sin embargo, en caso que por alguna razón no sea posible asegurar el método anterior, es recomendable aplicar el curado por membrana bien ejecutado, ya que el proceso de curado seleccionado debe producir un concreto de gran durabilidad.

El análisis anterior nos indica la importancia que tiene un curado apropiado, ya que los procedimientos de curado están definidos, pero raramente se ejecutan adecuadamente, además, los resultados de un curado inadecuado son los problemas de durabilidad del concreto, principalmente del reforzado, por todas estas razones es importante mencionar la seriedad de un buen curado.

IV.2.1.2 Elaboración y Curado En Obra De Especímenes De Concreto

Como ya se ha mencionado, el objetivo y campo de aplicación de la norma mexicana ***NMX-C-160-ONNCCE-2004***, es establecer los procedimientos para elaborar y curar en obra especímenes cilíndricos y prismáticos de muestras representativas de concreto fresco tomadas de un proyecto real.

Al concreto endurecido se le pueden realizar pruebas para determinar su resistencia tanto a la flexión como a la compresión, dependiendo de este objetivo necesitaremos diferentes métodos y equipos como los indicados en el Inciso *IV.1.2*, por ello la presente norma mexicana respalda que el método es aplicable para realizar este trabajo de ***Tesis***, ya que los moldes utilizados para determinar la resistencia a la compresión fueron especímenes cilíndricos de concreto colados en posición vertical y con una longitud igual a dos veces su diámetro.

Además, tomando en cuenta el formato de reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado referente a la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” que se encuentra al final del capítulo dos (Ver Inciso *II.3*), podemos observar que el tamaño máximo del agregado fue de 20 mm, por lo tanto la presente norma mexicana también respalda que el tamaño estándar de los especímenes es aplicable para realizar este trabajo de **Tesis**, ya que no fue necesario cribar el concreto.

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, el equipo que se utilizó para la elaboración y el curado de los cilindros de concreto fresco fue el siguiente:

- A) Ciento diez cilindros (moldes) de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, con sus respectivos accesorios, los cuales cumplieron con los requisitos indicados en el Inciso *IV.1.2* respecto al material, limpieza y absorción, dimensiones, resistencia, geometría, impermeables, además de conservar su forma bajo condiciones severas de uso y contar con elementos para sujetar las placas base a los moldes, los cuales fueron revestidos interiormente antes del llenado con desmoldante (Ver Figura 38).
- B) Parte del equipo de muestreo y revenimiento, por ejemplo, carretilla, varilla y cucharón, indicado en los Incisos *II.1.2* y *III.1.2* respectivamente.
- C) Un mazo de goma con cabeza de hule de 600 g.
- D) Dos enrasadores para el acabado final.
- E) Bolsas transparentes de plástico para protección inicial de los cilindros.
- F) Lápiz para cera y plumones permanentes para la identificación de los especímenes.
- G) Tanque o pileta con distribución y señalización adecuada para mantener el ambiente requerido de curado por el método húmedo (Ver Figura 36).

Como ya hemos comentado, la resistencia a la compresión del concreto se mide para asegurar que el concreto entregado cumpla tanto con los requisitos de las especificaciones de la obra como con el control de calidad, por ello se elaboraron 5 especímenes cilíndricos de prueba para ser ensayados; 2 a 7 días y 3 a 28 días respectivamente por cada muestra de concreto obtenida en obra con base en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 y de acuerdo a la frecuencia indicada de la Tabla 9.



FIGURA 38
ESPECÍMENES CILÍNDRICOS REVESTIDOS CON DESMOLDANTE

De hecho, en esta prueba aplicamos un factor de seguridad adicional, ya que por las condiciones y el tipo de proyecto era conveniente realizarlo de esta forma, es decir, las muestras seleccionadas para la elaboración de los cilindros de concreto fresco fueron tomadas con la frecuencia de cada 25 m³, en lugar de los 40 m³ que nos indica la respectiva norma mexicana.

Con respecto a la cantidad de la muestra para elaborar cilindros de concreto fresco y así determinar la resistencia a la compresión, debimos informar al operador de la revolvedora para que tuviera conocimiento y nos surtiera la cantidad suficiente para realizar el llenado de todos los cilindros, con el fin de evitar tanto pérdida de homogeneidad en la muestra como una elaboración incompleta de los cilindros solicitados.

El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados, debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes respecto a la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación del agua de mezclado, así como los aditivos si es el caso.

Es importante recordar que la muestra debe tomarse con base en las especificaciones de la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE**, por lo que una vez terminada la prueba de revenimiento, masa unitaria o contenido de aire dependiendo el caso y después de verificar que el concreto cumple con los requisitos correspondientes para su aceptación, se procede a iniciar con el moldeo de los cilindros dentro de los 15 min siguientes e inmediatamente después de haber remezclado la muestra lo suficiente por medio del cucharón y así garantizar su uniformidad.

Es importante mencionar que la porción de la muestra utilizada para la prueba de revenimiento debe desecharse, es decir, no debe utilizarse para la elaboración de los cilindros de concreto.

Los especímenes fueron elaborados en una superficie libre y muy cercana a ser horizontal, ya que se optó por nivelarla en donde consideramos conveniente con el mismo procedimiento utilizado para realizar la prueba de revenimiento (Ver Figura 27), además de ser almacenados sin problema, evitando golpes o alteraciones en ellos.

Como ya hemos comentado, los especímenes elaborados fueron moldes cilíndricos de 30 cm de altura, por lo que haciendo referencia a la Tabla 13, es importante cumplir con el método de compactación, en tres capas de aproximadamente 10 cm de espesor.

Una vez remezclada la muestra y así prevenir la segregación, el siguiente paso fue aplicar el procedimiento de vaciado por medio del cucharón, moviéndolo en parte del perímetro del borde superior del cilindro conforme el concreto era descargado (Ver Figura 39) y de esta forma asegurar tanto una distribución uniforme como evitar la segregación del agregado grueso.



FIGURA 39
PROCEDIMIENTO DE VACIADO EN CILINDROS

Después de terminar el vaciado, el siguiente paso fue aplicar el procedimiento de compactación con base en la recomendación establecida anteriormente, la cual nos indica que debemos varillar los concretos que tengan un revenimiento mayor de 8 cm como se presenta en este trabajo de **Tesis**.

El procedimiento de compactación es el descrito en el Inciso IV.1.5.2.1, el cual consiste para este caso en particular, en compactar las tres capas con 25 penetraciones correspondientes en cada una de ellas por medio de la varilla.

Además para asegurar el que no existiera algún tipo de oquedad que se haya formado por la compactación, se debe golpear ligeramente los lados del cilindro de 10 a 15 veces con el mazo de goma con el fin de eliminarla (Ver Figura 40).



FIGURA 40
PROCEDIMIENTO DE COMPACTACIÓN EN CILINDROS

Así como en la prueba de revenimiento fue importante mantener el nivel por encima del borde superior del cono durante todo el proceso de llenado para realizar el enrase correctamente, de la misma forma durante el vaciado de la tercera capa se tuvo que incluir un excedente de concreto (Ver Figura 41), para garantizar el llenado completo del cilindro después de realizar la compactación.

Continuando con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, una vez terminada la compactación, se procedió a darle el acabado final por medio del enrasador de metal para obtener una superficie plana, pareja y uniforme (Ver Figura 42), así como verificar que el concreto se encontrara bien nivelado respecto al molde, ya que puede ser el inicio de un buen cabeceo.



FIGURA 41
EXCEDENTE DE CONCRETO EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS



FIGURA 42
ACABADO EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS

Inmediatamente después de terminar el acabado y tomando todas las medidas precautorias para la protección inicial de los cilindros sin fraguar y así evitar la evaporación de agua en ellos, se procedió a cubrirlos con bolsas de plástico transparentes, con el fin de mantener a los especímenes durante las primeras 24 hrs después del moldeado bajo condiciones que contribuyeran a garantizar tanto la temperatura como retener la humedad de ellos en sitio.

Es recomendable contar con bolsas de tamaño y altura proporcional a las del cilindro, ya que siempre será mejor sujetarlas lo más cercano posible a la base del espécimen. De no ser así y solo se sujeta en la parte superior, se corre el riesgo de desprenderse del cilindro y dejarlo desprotegido

Terminando con los procedimientos establecidos para la elaboración de cilindros de concreto en sitio, otro factor que influye de forma considerable para comprobar tanto la calidad como para poder rastrear un error importante en el concreto suministrado es el referente a la identificación apropiada de los especímenes, ya que no es correcto etiquetar las tapas o la parte superior.

Esta identificación debe ser clara, precisa y resistente tanto a las condiciones ambientales como a la intemperie, hasta el momento de aplicarla de forma permanente en el cilindro desmoldado, por esta razón y de forma parcial se etiquetaron con bolsas transparentes que contenían el No. de muestra marcado interiormente con plumón permanente además de estar reforzadas por medio de ligas para sujetarlas (Ver Figura 43).



FIGURA 43
PROTECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES EN CAMPO

Una vez terminado el colado de la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” y habiendo concluido la protección de los especímenes correspondientes a la última muestra, verificamos que el área de almacenamiento donde se encontraban todos los cilindros estuviera libre de peligro, así como de una posible inundación en caso de presentarse lluvia antes de desmoldarlos (Ver Figura 44).

Otro de los factores importantes que debemos cumplir con base en la presente norma mexicana, es el referente al tiempo conveniente para retirar los especímenes de los moldes y de esta forma poder trasladarlos al laboratorio de forma segura, es decir, los cilindros elaborados para determinar la resistencia a la compresión del concreto se desmoldaron entre 20 y 24 horas después de su elaboración, cumpliendo con los tiempos permisibles para realizar esta actividad, además es en esta etapa en donde se vuelven a identificar pero ahora de forma permanente marcando alguna de las bases del cilindro con un lápiz para cera de color negro.



FIGURA 44
ÁREA DE SEGURIDAD PARA RESGUARDO

El retiro de los especímenes se tuvo que realizar en dos etapas debido a que el colado de la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” se realizó en prácticamente un día completo, por ello la primer etapa de este proceso incluyó a las primeras 11 muestras, es decir, los primeros 55 cilindros elaborados para ser inmediatamente trasladados al laboratorio acreditado ubicado en la Ciudad de México. Posteriormente al día siguiente regresamos a las Pilas, PUE. por los 55 cilindros restantes, cumpliendo con el periodo suficiente respecto al tiempo mínimo de fraguado.

Es importante mencionar que la logística establecida fue la más conveniente tomando en cuenta los recursos disponibles para realizar este trabajo de **Tesis**, es decir, existieron factores que impidieron realizar este proceso en una sola exhibición, por ejemplo, en caso de esperar a desmoldar los cilindros elaborados con la última muestra, el tiempo mínimo de descimbrado nos hubiera obligado a perder un día en sitio, por este motivo se optó por iniciar con el desmolde de la primera sección.

Además era prácticamente imposible cargar la camioneta especial de redilas con los 110 cilindros elaborados, ya que el peso total de éstos superaba en 35% la capacidad permisible del vehículo, lo que hubiera provocado un sobrepeso en la camioneta, pero sobre todo el peligro de trasladarnos a la Ciudad de México con este tonelaje.

Siguiendo con los procedimientos establecidos en la presente norma mexicana, una vez que los cilindros de concreto cumplieron con el tiempo mínimo de fraguado y después de verificar que hayan sido desmoldados, continuamos con el procedimiento para acomodarlos de forma correcta en la camioneta, por lo que todos los especímenes fueron resguardados y protegidos por medio de colchonetas húmedas.

El tiempo de viaje desde el sitio de la obra hasta el laboratorio debe ser lo más corto posible, por ello nuestro traslado fue en forma directa a la Ciudad de México, es decir, sin escalas.

Estando en el laboratorio y una vez terminado el proceso de descarga, la primera actividad fue verificar la recepción de los cilindros reportados por el personal de campo (Ver Inciso V.3), es decir, corroborar que todos los paquetes de cilindros estuvieran completos, así como que el número total de especímenes correspondiera a las muestras reportadas en sitio (Ver Figura 45).



FIGURA 45
IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMENES EN LABORATORIO

Si por alguna razón llegase a faltar algún miembro de un paquete, o peor aún una muestra completa, se debe informar inmediatamente a la oficina central en campo para verificar esta situación y tomar las medidas correctivas lo antes posible.

Afortunadamente en este trabajo de **Tesis**, no tuvimos este tipo de problemas, ya que los procesos tanto de carga como de descarga se realizaron de forma correcta, siempre verificando la cantidad parcial en cada traslado.

Partiendo de las cuestiones básicas del curado y sabiendo que existen varios tratamientos de realizarlo para los especímenes de concreto elaborados con base en cementantes hidráulicos, es decir, por medio del método húmedo, gabinetes o tanques de almacenamiento, es importante mencionar que deben cumplir con las especificaciones establecidas en la norma mexicana NMX-C-148-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.3).

La siguiente actividad fue colocar los cilindros en la pileta con el fin de mantenerlos en un ambiente de curado adecuado, además de garantizar un sitio libre de vibraciones.

Como ya se ha mencionado, se elaboraron por cada muestra de concreto 5 especímenes cilíndricos para ser ensayados; 2 a 7 días y 3 a 28 días, por lo que necesitamos de una pileta que contara con la distribución y señalización adecuada con el fin de evitar confusiones, así como con la suficiente capacidad para la colocación de los cilindros (Ver Figura 46).

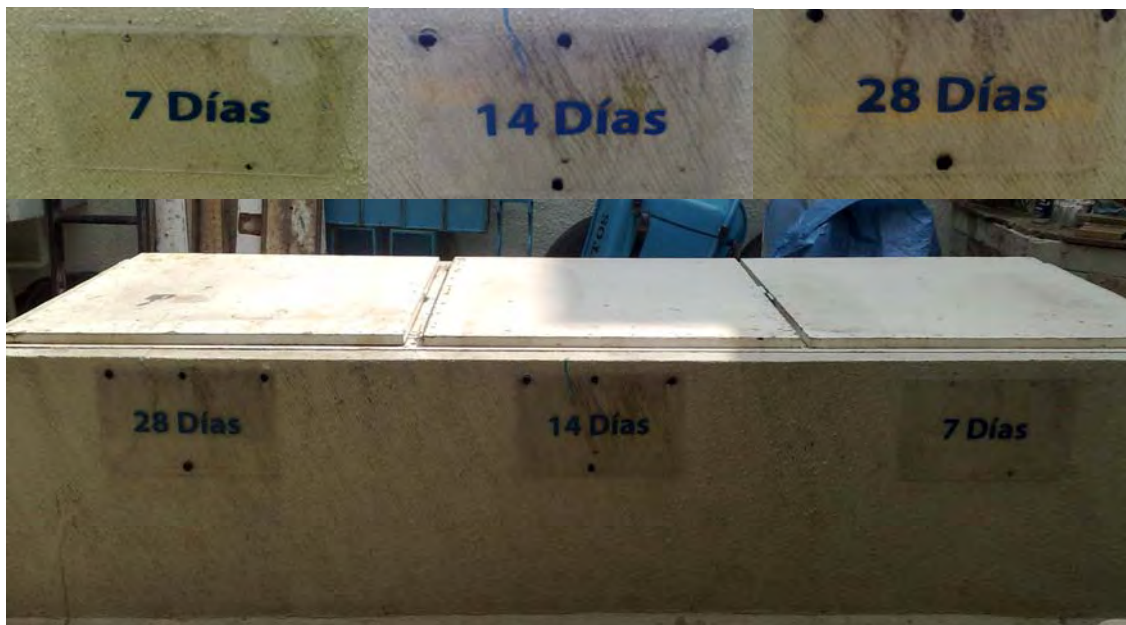


FIGURA 46
PILETA PARA REALIZAR EL CURADO HÚMEDO

El curado húmedo en cilindros de prueba nos indica que pueden permanecer en agua libre en su superficie todo el tiempo hasta el momento de realizar la prueba de resistencia a la compresión, ya que esta condición se logra por inmersión con agua saturada con cal.

Sumergir los cilindros completamente cubiertos por agua es un procedimiento aceptable y preferido que asegura resultados de resistencia más confiables, por lo que la temperatura en el almacenamiento debe controlarse según sea necesario.

Al final del capítulo II, se encuentra el formato del reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado indicando el revenimiento obtenido en cm para cada una de las muestras, la fecha y la hora de la elaboración de las muestras individuales, así como la identificación del elemento en donde se utilizó el concreto (Ver Inciso II.3).

Para conocer la identificación de los especímenes, así como el método de curado debemos consultar el formato de programación de ensayos realizado por parte del laboratorio acreditado que se encuentra al final del capítulo V (Ver Inciso V.3).

El texto de este trabajo de **Tesis** cita notas que proporcionan material explicativo, es decir, complementan los requisitos para elaborar, curar, proteger y transportar los especímenes de concreto indicados en la presente norma mexicana.

IV.2.2 Laboratorio No Acreditado

IV.2.2.1 Detalles a Considerar

Esta investigación está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la industria de la construcción, por ello mencionaré aquellos aspectos que intuyo pueden repercutir en el comparativo final de este trabajo de **Tesis**.

El equipo con el que realizaron las pruebas cumplía con las condiciones de calidad requeridas, de igual manera es recomendable valorar el equipo antes de realizar las pruebas en sitio, con el fin de obtener resultados confiables que se encuentren dentro de los permisibles.

De la misma forma se verificó que la cantidad de la muestra solicitada al operador de la revolvedora, fuera la suficiente para poder elaborar todos los cilindros de la misma muestra.

El primer detalle a considerar fue al percatarme que al momento de realizar el vaciado del concreto fresco por medio del cucharón en los cilindros, no lo hicieron de la forma que indica la presente norma mexicana, es decir, no lo realizaron con el movimiento correspondiente (Ver Figura 39) generando tanto mala distribución como segregación del agregado grueso.

De la misma forma que en la prueba de revenimiento, otro detalle con el que no cumplieron es el referente al procedimiento de compactación, ya que el número de penetraciones por capa indicado en la presente norma mexicana es de 25 para un cilindro de 15 cm de diámetro y en ocasiones solo realizaron desde 23 hasta 27 u 28 penetraciones por capa.

Se supone que el personal que realiza las pruebas debe estar técnicamente preparado para elaborarlas, por ello no comprendo con que argumento elaboran los cilindros de concreto sin responsabilizarse de contar con el material mínimo e indispensable que exige la presente norma mexicana.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y siguiendo con la serie de detalles que no aplicaron, comprobé la forma en que sustituyen el mazo de goma cuya función específica es evitar la existencia de oquedades, ya que esta actividad la realizaron por medio de la varilla para la compactación, golpeando por la parte interior el molde cilíndrico produciendo un sonido similar al de una sonaja, en lugar de hacerlo con el mazo de goma por la parte exterior (Ver Figura 40).

Una vez terminada la compactación, otro de los procedimientos que no aplicaron fue que al momento de realizar el acabado del cilindro en la capa superior, no lo hicieron con el enrasador establecido en la presente norma mexicana, mas bien esta actividad la realizaron con un flexómetro con el fin de terminar la parte superior del molde (Ver Figura 47).



FIGURA 47
ACABADO DE CILINDROS POR MEDIO DEL FLEXÓMETRO

Para terminar, pero siguiendo con la serie de procedimientos sin cumplir, el siguiente detalle fue percatarme que tampoco le dieron la debida importancia referente a la protección inicial de los cilindros recién elaborados para evitar en ellos la pérdida de humedad, ya que después de un tiempo considerable encontré especímenes desprotegidos, sin identificación y contaminados (Ver Figura 48).



FIGURA 48
ESPECÍMENES SIN PROTECCIÓN

Veremos que tanto afectan estos detalles, ya que considero que cualquier desviación respecto a los procedimientos que no están de acuerdo con los estándares establecidos en la presente norma mexicana, darán como resultado una resistencia más baja y por lo tanto generarán problemas, costos y retrasos excesivos al proyecto.

CAPÍTULO V: NORMA MEXICANA NMX-C-109-ONNCCE-2004 “INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS”

Hasta el momento ya conocemos la metodología correcta para realizar el muestreo, el revenimiento, así como la elaboración y el curado de los especímenes de concreto; además, es importante mencionar que antes de realizar una de las pruebas más importantes para el concreto como lo es la de resistencia a la compresión, se deberán cabecear las bases de los cilindros, por ello en este quinto capítulo, nos enfocaremos al cabeceo de especímenes cilíndricos, explicando el procedimiento completo para realizar la prueba, el objetivo y campo de aplicación, la definición de cabeceo, el equipo necesario, los materiales para realizarlo, la preparación y el acondicionamiento de la muestra, las condiciones ambientales, entre otros, localizando los factores para su correcta elaboración.

¿Qué es el Cabeceo? (Ver Apéndice de Definiciones B.21)

Es la preparación con cemento puro o mortero de azufre de las bases de los especímenes para lograr tanto que las caras sean paralelas y se encuentren bien preparadas en el momento de realizar el ensaye como de eliminar defectos que produzcan concentraciones de esfuerzos y los hagan fallar de forma irregular.

Los cilindros de concreto recién moldeados se pueden cabecear con cemento puro, pero generalmente esto no es conveniente. El concreto endurecido puede cabecearse con yeso o con mortero de azufre de alta resistencia (350 Kg/cm² o más). Actualmente el método de mortero de azufre es el más conveniente. El cabeceo debe estar plano a una tolerancia de 0.002" (0.05 mm), perpendicular al eje del cilindro, y sin puntos huecos.¹

Más adelante se explicarán los dispositivos e instrumentos necesarios para realizar el cabeceo como: placas cabeceadoras, platos metálicos, dispositivos para el cabeceo vertical y el alineamiento, así como los recipientes para fundir el azufre, ya que son necesarios para el mejor entendimiento de este capítulo.

V.1 Metodología Para Realizar La Prueba

V.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación

NMX-C-109-ONNCCE-2004: La presente norma mexicana establece los procedimientos para cabecear con cemento puro los especímenes cilíndricos recién elaborados, así como con mortero de azufre los especímenes cilíndricos y corazones de concreto endurecido, cuando las bases de cualquiera de ellos no cumplan con los requisitos tanto de planicidad como de perpendicularidad.

¹ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. Manual para Supervisar Obras de Concreto - ACI-311-99. 1ra. Edición. IMCYC. México. 2002. Pág. 190.

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna otra a nivel internacional, debido a que no existía referencia alguna al momento de su elaboración.

La presente norma mexicana cancela a la NMX-C-109-1997-ONNCCE y entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 1 de Marzo de 2004 por parte de la Secretaría de Economía (SE).

También es importante mencionar que esta norma mexicana se complementa con la respectiva información vigente incluida tanto en el Apéndice de Referencias C.4 como en el Apéndice Bibliográfico D.4.

V.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos (Ver Figura 49)

V.1.2.1 Dispositivos

- Placas Cabeceadoras

En caso de emplear cemento puro para realizar el cabeceo, debemos usar una placa de vidrio o una placa metálica maquinada y pulida de por lo menos 13 mm de espesor, también se puede utilizar una placa de granito o diabasa pulida de por lo menos 75 mm de espesor.

- Platos Metálicos

Si para realizar el cabeceo vamos a utilizar mortero de azufre, se deben emplear platos metálicos, cuyo diámetro debe ser por lo menos 5 mm mayor que el diámetro del espécimen por cabecear y su superficie de asiento no debe apartarse de un plano en más de 0.05 mm en 15 cm.

En cuanto a la superficie de los platos metálicos, ésta debe ser libre de estrías, ranuras o depresiones mayores de 0.25 mm de profundidad en un área geométrica regular de 32 mm².

El espesor de la placa debe ser de acuerdo a lo siguiente:

- A) En platos metálicos nuevos 13 mm o más.
- B) En platos metálicos usados mínimo 11 mm.

En ningún caso la depresión debe reducir el espesor mínimo de 11 mm, además es recomendable que tengan mínimo una dureza Rockwell C- 48.

- Dispositivos Para Cabeceo Vertical

Si es necesario facilitar el refinado de la superficie de cabeceo, será válido emplear un plato conformado por 2 piezas metálicas, en este dispositivo la sección inferior es una placa sólida y la sección superior un anillo circular maquinado, fijadas por medio de tornillos las cuales forman el borde del plato.



FIGURA 49
EQUIPO PARA REALIZAR EL CABECEO

V.1.2.2 Dispositivos De Alineamiento

También es importante utilizar dispositivos de alineación como el nivel de "Ojo de buey" o barras guía en la unión con las placas de cabeceo, con el fin de asegurarnos que ninguna capa se aparte de la perpendicularidad al eje del espécimen cilíndrico en más de 0.5° , es decir, 3 mm en 30 cm.

De la misma forma, ese mismo requisito es aplicable cuando nos referimos a la relación entre el eje del dispositivo de alineamiento y la superficie de la placa de cabeceo cuando se utilicen las barras guía.

Además, en lo que se refiere a la localización de cada barra respecto a su placa, debe ser tal, que ninguna capa esté fuera del centro de un espécimen por más de 2 mm.

V.1.2.3 Recipientes Para Fundir El Mortero De Azufre

Siguiendo con el equipo necesario para realizar la prueba, se mencionan los dos tipos de recipientes utilizados para el fundido del azufre (Ver Figura 50):

- A) Recipientes equipados con dispositivos que controlan la temperatura automáticamente.
- B) Recipientes sometidos a calor externo.

En ambos casos los recipientes deben estar fabricados de algún material que no sea reactivo con el mortero de azufre fundido y para realizar el fundido, debemos contar con una campana de extracción de gases.

Es importante mencionar que calentar el azufre por medio de una flama directa es muy peligroso, debido a que el punto de ignición de este material es de 227 °C aproximadamente y el mortero puede llegar a encenderse debido a un sobrecalentamiento.



FIGURA 50
RECIPIENTES PARA FUNDIR EL MORTERO DE AZUFRE

V.1.3 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra

V.1.3.1 Especímenes Recién Moldeados

En el caso de trabajar con especímenes recién moldeados, la superficie superior puede ser cubierta con una capa delgada de una pasta dura de Cemento Pórtland puro, el cual debe cumplir con los requisitos indicados en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.4).

V.1.3.2 Especímenes Endurecidos Curados En Ambiente Húmedo

Los especímenes endurecidos que hayan sido curados (Ver Apéndice de Definiciones B.71) con humedad, deben ser cabeceados con mortero de azufre, el cual debe cumplir con las siguientes características tanto de resistencia a la compresión (Ver Apéndice de Definiciones B.161) como de espesor máximo.

- Mortero De Azufre (Ver Figura 51)

La resistencia mínima del mortero de azufre y el espesor máximo de cada capa de cabeceo debe cumplir con lo establecido en la Tabla 15.

TABLA 15

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ESPESOR MÁXIMO DEL MORTERO DE AZUFRE		
Resistencia del Concreto En Mpa (kgf/cm ²)	Resistencia Mínima del Mortero de Azufre en Mpa (kgf/cm ²)	Espesor Máximo de cada Capa de Cabeceo en cualquier punto (mm)
3.5 a 50 (35 a 500)	35 Mpa (350) o la del concreto, Cualquiera que sea mayor	8
Más de 50 (Más de 500)	No menor a la resistencia del Concreto	5



FIGURA 51
MORTERO DE AZUFRE SÓLIDO

Los morteros de azufre preparados en el laboratorio o los comerciales, por lo regular deben alcanzar su resistencia en 2 hrs como máximo para resistencias de concreto de hasta 35 MPa (350 kgf/cm²) y para resistencias mayores, la capa de cabeceo se debe mantener como mínimo 16 hrs antes de realizar el ensaye (Ver Apéndice de Definiciones B.77), a menos que por alguna razón se haya establecido un período satisfactorio más corto en el que se alcance la resistencia a la compresión especificada a continuación.

- Determinación De La Resistencia a La Compresión (Mortero De Azufre)

Se procede con la preparación de los especímenes (Ver Apéndice de Definiciones B.80) de prueba utilizando un molde que consta de 3 compartimientos cúbicos de 5 cm por lado, con una placa como base y una cubierta formada por una placa metálica como se indica en el diseño mostrado en la Figura 52 (Ver Apéndice Informativo A.7).



FIGURA 52
CUBIERTA PARA LA PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES DE PRUEBA

Debemos calentar el molde a una temperatura entre los 20 y 30 °C, después cubrir la parte de la superficie de los moldes que está en contacto con el mortero de azufre, con una capa delgada de aceite mineral y llevarlo lo más cerca posible del recipiente.

Ya con el mortero de azufre fundido a una temperatura que oscila entre los 130 y 150 °C, se agita de forma continua para posteriormente colar los cubos empleando una cuchara u otro equipo apropiado para realizar el colado (Ver Apéndice de Definiciones B.34), se llena rápidamente cada uno de los tres compartimientos hasta que el material fundido llega a la parte alta del agujero de la placa (Ver Figura 53).



FIGURA 53
COLADO DE CUBOS DE MORTERO DE AZUFRE

Se deberá dejar el tiempo suficiente con el fin de que se presente el máximo de contracción (Ver Apéndice de Definiciones B.64) producida por el enfriado y la solidificación (que ocurre en 15 min aproximadamente) para llenar cada uno de los agujeros con el material fundido (Ver Apéndice Informativo A.8).

Una vez que se ha completado la solidificación, se procede a retirar los cubos del molde tomando precauciones para no romper la colada formada debida al llenado del agujero en la placa de la cubierta, después, limpiamos el aceite, raspamos, retiramos los sobrantes de las aristas y verificamos los planos de las superficies de contacto (Ver Figura 54).



FIGURA 54
CUBOS DE MORTERO DE AZUFRE PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

Por último y después de haber almacenado los especímenes a la temperatura del laboratorio durante un mínimo de 2 hrs para una resistencia de 35 MPa (350 kgf/cm²) o de 16 hrs para resistencias mayores, se prueban los cubos a la compresión (Ver Figura 55), aplicando la carga en dos de las caras laterales y calculamos su resistencia en MPa (kgf/cm²).

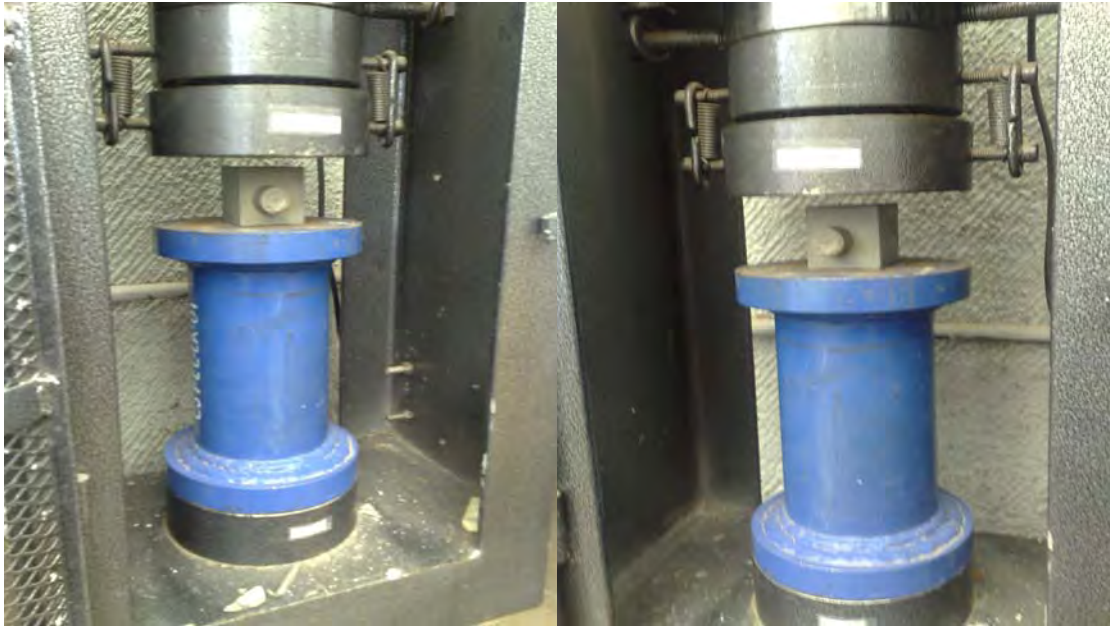


FIGURA 55
ENSAYE DE CUBOS DE MORTERO DE AZUFRE

V.1.3.3 Especímenes Endurecidos Secos

Los especímenes endurecidos que vayan a ser probados en la condición de secos al aire o que deban ser mojados entre 20 y 28 hrs antes de la prueba, se cabecearán con mortero de azufre que cumpla de acuerdo con los requisitos indicados en la Tabla 15.

V.1.4 Condiciones Ambientales

En esta prueba, los factores ambientales más representativos son la humedad relativa (Ver Apéndice de Definiciones B.113) y la temperatura que prevalece en el lugar, las cuales deben registrarse.

V.1.5 Procedimientos

En los especímenes que se utilizarán para la prueba de resistencia a compresión, las superficies cabeceadas deben ser planas, aceptando una tolerancia de ± 0.05 mm a través de cualquier diámetro.

Durante el cabeceo, los planos de las bases cabeceadas en 1 de cada 10 especímenes deben ser verificados por medio de una regla rígida de bordes rectos y calibradores de laminillas para espesores, tomando por lo menos tres lecturas en diámetros diferentes y de esta forma asegurarnos que las superficies de las capas no se aparten de un plano en más de 0.05 mm.

V.1.5.1 Especímenes Cilíndricos Recién Moldeados

Como ya hemos comentado, en el caso de cabecear especímenes cilíndricos recién moldeados se utilizará pasta de Cemento Pórtland puro (Ver a continuación cabeceo con cemento), realizando las capas tan delgadas como sea posible y aplicando la pasta sobre el extremo expuesto después entre 2 y 4 hrs del moldeado, dicha pasta de cemento es de consistencia normal (Ver Apéndice de Definiciones B.60), es decir, aproximadamente entre 0.25 y 0.35 de la relación agua - cemento (Ver Apéndice de Definiciones B.153), además, es conveniente que 30 min aproximadamente después de su aplicación, enrasarla con una placa cabeceadora.

Es importante mencionar que en este procedimiento se debe retirar el agua de sangrado (Ver Apéndice de Definiciones B.173) antes de aplicar la pasta de cemento.

Otra forma alternativa para realizar el cabeceo consiste en “espolvorear” cemento sobre la superficie expuesta aún fresca y después de haber esperado entre 1 y 2 hrs proceder a enrasar.

Una vez realizado el cabeceo, debemos cubrir con un paño húmedo y sobre éste una hoja de polietileno con la finalidad de evitar tanto las contracciones como el agrietamiento producidos por el secado.

- Cabeceo Con Cemento

En el cabeceo con cemento, las capas de cemento Tipo CPO 40, requieren en promedio 7 días mínimo para desarrollar una resistencia aceptable.

El procedimiento descrito anteriormente debe ser utilizado únicamente para especímenes que vayan a ser curados por medio de la vía húmeda y en forma continua hasta el momento de realizar la prueba, ya que en caso de los especímenes del concreto seco, éstos absorben agua de la mezcla de la pasta de cemento puro y pueden llegar a producir capas de adherencia (Ver Apéndice de Definiciones B.3) no satisfactorias.

Es importante mencionar que las capas de pasta (Ver Apéndice de Definiciones B.140) de cemento puro, se contraen y se agrietan debido al secado, por lo que deben utilizarse únicamente en los especímenes que sean curados en forma continua y en ambiente húmedo hasta el momento de realizar la prueba.

V.1.5.2 Especímenes De Concreto Endurecido

- Bases

Las bases de los especímenes cilíndricos de concreto endurecido que no cumplan con la tolerancia establecida de ± 0.05 mm con respecto a su plano, deben ser cabeceadas, pulidas o cortadas de forma que se encuentren dentro de la tolerancia.

En cada una de las capas de cabeceo se debe tener un espesor aceptable, de forma que cumpla con lo establecido en la Tabla 15 y también debemos eliminar cualquier depósito de cera, material aceitoso o exceso de agua que se encuentre en cualquiera de las bases del espécimen para que no interfiera con la adherencia de la capa de cabeceo.

V.1.5.3 Cabeceo Con Mortero De Azufre

Se debe preparar el mortero de azufre calentándolo a una temperatura de $140 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y es recomendable colocar en los recipientes para el fundido sólo la cantidad necesaria de mortero azufre para los especímenes por cabecear en esa etapa (Ver Figura 56), en caso de volverse a llenar, debemos eliminar el material sobrante, verificando que el material rehusado no tenga más de 10 usos, siempre y cuando se garantice que se cumple con lo establecido en la Tabla 15.



FIGURA 56
PREPARACIÓN DEL MORTERO DE AZUFRE

Para el caso del cabeceo en especímenes de concreto con resistencia mayor a 35 MPa (350 kgf/cm²), antes de iniciar su cabeceo, debemos comprobar que el mortero de azufre cuenta con la resistencia que se indica en la Tabla 15.

En el momento de colocar el mortero de azufre en el recipiente para el fundido, éste debe estar totalmente seco, ya que la humedad puede producir espuma, por ello el mortero de azufre fundido siempre debe mantenerse alejado de cualquier tipo de humedad.

En lo que se refiere al plato y a los dispositivos para el cabeceo, deben ser calentados de forma ligera antes de ser utilizados, con el fin de disminuir la velocidad de endurecimiento y permitir la formación de capas delgadas.

Antes de vaciar cada capa, debemos aceitar ligeramente el plato de cabeceo y agitar el mortero de azufre fundido, además, las bases de los especímenes curados en forma húmeda deben estar lo suficientemente secas en el momento del cabeceo, con el objetivo de evitar que dentro de las capas se forme algún tipo de burbuja de vapor o bolsa de espuma con diámetros mayores a 6 mm.

Una forma de garantizar que la capa se ha adherido a la superficie del espécimen, es que la base de éste no debe ser aceitada antes de la aplicación de la capa.

- Consideraciones Para Especímenes Curados Por Vía Húmeda

Para especímenes curados por medio de vía húmeda debemos de mantenerlos en condiciones húmedas durante el tiempo transcurrido entre el terminado del cabeceo y el momento de realizar la prueba, por lo que debemos protegerlos con una manta húmeda o algún material similar con el fin de evitar la evaporación.

Es importante mencionar que los especímenes cabeceados, no se ensayarán (Ver Apéndice de Definiciones *B.77*) hasta el momento en que el mortero de azufre haya alcanzado la resistencia requerida.

- Reutilización De Azufre

Es válido utilizar el mismo azufre para el cabeceo de especímenes cilíndricos en un máximo de 10 veces, con el objetivo de disminuir al mínimo la pérdida de la resistencia y la fluidez (Ver Apéndice de Definiciones *B.93*) ocasionada por la contaminación del mortero de azufre con el aceite o con los desperdicios de distintas clases y pérdidas de azufre a través de la volatilización.

El número de usos debe ser demostrado tanto en base a la resistencia obtenida en el ensaye de los cubos de mortero de azufre como que se cumple con lo establecido en la Tabla 15.

V.2 Elaboración De Pruebas En Laboratorio

V.2.1 Laboratorio Acreditado

V.2.1.1 Factores a Considerar

Actualmente ya existen cuatro posibilidades de superar los efectos dañinos generados por el acabado en una superficie de extremo disparejo de un cilindro:

- Por cabeceo (Mortero de azufre).
- Puliendo (Con un enrasador).
- Por empacado (Material de relleno - plomo).
- Sin adherencia (Remate metálico rígido restrictivo)

El empacado no es recomendable, ya que está comprobado que existe una disminución apreciable de la resistencia del concreto en comparación a los primeros dos métodos antes mencionados.

La reducción de resistencia producida por el empacado se debe a deformaciones laterales inducidas en el cilindro por el efecto de la Relación de Poisson (Ver Apéndice de Definiciones *B.155*) del material de empaque, ya que regularmente es mayor que el del concreto.

El efecto antes mencionado es similar, aunque de mayor proporción al de lubricar los extremos de los cilindros con el fin de eliminar la influencia de fricción que se presenta entre el cilindro y la platina como resultado de la expansión lateral del concreto.

La prueba para determinar la resistencia a la compresión en especímenes de concreto requiere que la superficie exterior del cilindro esté en contacto con la platina de la máquina de prueba, por lo que esta superficie al darle el acabado final por medio de un enrasador en el momento de su elaboración, no será lo suficientemente lisa para poder realizar la prueba y por lo tanto requiere de una mayor preparación.

La preparación del cilindro es un tratamiento de acabado por medio del cabeceo, que se realiza tanto a la capa superior como a la inferior, con el fin de evitar depresiones o protuberancias mayores a 3.2 mm.

El cabecear con un material adecuado en ningún caso afectará adversamente la resistencia, además reduce la dispersión en comparación con los resultados de cilindros sin cabecear.

Un material ideal para cabecear deberá contar tanto con la resistencia adecuada como con las propiedades elásticas similares a las del concreto en estudio, en este caso no existirá ninguna tendencia favorable a la separación o a la falla, además se logra una distribución uniforme del esfuerzo sobre toda la sección transversal del espécimen.

Otro factor básico es que el material de cabeceo por ningún motivo deberá ser más débil que el del concreto, pero es importante mencionar que la resistencia local del cabeceo dependerá de su espesor.

No es conveniente que exista una gran diferencia respecto a la resistencia puesto que un cabeceo de mucha mayor resistencia puede llegar a producir gran restricción lateral y conducir a un aumento aparente en la resistencia final del cilindro.

Sin embargo, es importante aclarar que la influencia del material de cabeceo sobre la resistencia potencial del concreto es mucho mayor para el caso de concretos de alta resistencia que en los de baja resistencia.

En concretos de alta resistencia, el cabeceo con material adecuado y resistente produce en promedio incrementos del 7 al 11%, pero esta diferencia puede llegar a ser tan alta como de 17%, en diferencia con cabeceos realizados con material de baja resistencia, sin embargo, estas diferencias serán menores conforme el espesor de la capa de cabeceo sea menor.

Es importante mencionar que debemos eliminar cualquier depósito de cera, material aceitoso o exceso de agua que se encuentren en cualquiera de las bases del espécimen con el objetivo de que interfiera con la adherencia de la capa de cabeceo correspondiente.

El procedimiento de cabeceo puede efectuarse tanto antes de realizar la prueba como inmediatamente después de elaborar el cilindro, pero en ambos casos es esencial que el cabeceo sea delgado independientemente del material que se utilice.

Cuando el cabeceo se va a realizar después del colado, el material a utilizar en capas tan delgadas como sea posible será Cemento Pórtland puro, por lo que se recomienda terminar el concreto entre 1.5 y 3 mm por debajo del borde superior del molde, ya que este espacio será llenado con la pasta rígida de cemento.

Como en la mayoría de los procedimientos mencionados en este trabajo de **Tesis**, la experiencia del técnico de laboratorio es fundamental para realizar los procesos de manera satisfactoria, por ejemplo, para obtener un corte limpio entre la pasta de cemento y la placa, ésta se deberá engrasar ya sea con aceite o parafina, o bien, con una película delgada de grasa grafitada.

Cuando aplicamos el método alternativo de cabecear el cilindro antes de realizar el ensaye, el momento efectivo para cabecearlo dependerá de las propiedades de endurecimiento del material de cabeceo, es decir, tanto del yeso de alta resistencia como del mortero de azufre fundido, ya que los especímenes cabeceados no se ensayarán hasta que el material de cabeceo haya desarrollado la resistencia mínima requerida.

La mezcla del mortero de azufre, el cual está compuesta por el mismo azufre, así como de arcilla molida refractaria, se debe aplicar en estado fundido y dejar endurecer con el cilindro en una placa o dispositivo que asegure una superficie de extremo plana y a escuadra, con un espesor de capa bien adherida con el concreto subyacente entre los 3 y 8 mm como se indica en la Tabla 15.

Para evitar la pérdida de resistencia es muy importante verificar que las superficies cabeceadas de los cilindros cumplan con los siguientes requisitos:

- Planicidad, es decir, máximo $\pm 0,05$ mm, tomando un mínimo de tres lecturas en distintos diámetros, es decir, en tres diferentes posiciones con el fin de asegurarnos que las superficies de las capas no se aparten del plano.
- Perpendicularidad, es decir, máximo ± 3 mm en 30 cm.

Por ello es conveniente verificar estas características en al menos uno de cada diez cilindros por medio de una regla rígida de bordes rectos y calibradores de laminillas para espesores.

El fundido del azufre es necesario realizarlo dentro de un gabinete para humo debido a que se producen emanaciones tóxicas nocivas para la salud, además de todo el equipo necesario para evitar quemaduras principalmente.

Es importante cuidar la reutilización del mortero de azufre para volver a cabecear cilindros, ya que de otra forma la resistencia de los cilindros de concreto puede ser afectada significativamente.

En caso de ensayar a la compresión un cilindro de concreto no cabeceado, es decir, sin la preparación adecuada correspondiente, el primer paso será colocar bien centrado el cilindro en la máquina de ensaye, posteriormente la platina se pondrá en contacto con la superficie superior y puesto que el acabado de esta superficie no se obtuvo por el colado contra una placa maquinada presentará aspereza, así como irregularidades de planicidad, generando concentraciones de esfuerzos por lo que la resistencia evidente del concreto se reducirá.

Las superficies además de no tener “puntos altos”, deberán estar libres de granos de arena u otras partículas o restos de una prueba anterior con el fin de no generar fallas prematuras o repentinas en el cilindro.

Es importante mencionar que las superficies de los extremos convexas causan una mayor reducción que las superficies cóncavas, ya que regularmente conducen a concentraciones de esfuerzos más altos.

Como ya se mencionó, otra opción para realizar el cabeceo es pulir la superficie del extremo del cilindro hasta asegurarnos que se encuentre plana, nivelada y a escuadra.

Este último método produce resultados satisfactorios, ya que conduce a mayores resistencias debido a que se encuentra ausente cualquier detalle respecto a la pérdida de resistencia asociada al cabeceo, pero este método tiene una desventaja, es algo costoso.

No considero que el cabeceo sea una desventaja que se presenta en los especímenes cilíndricos de concreto endurecido que no cumplen con las tolerancias permisibles, más bien, es un procedimiento que nos auxilia para cabecear, cortar o pulir los cilindros y así poder cumplir con la tolerancia, además de seguir cumpliendo con los estándares de calidad.

Aunque el cabeceo de mortero de azufre es satisfactorio para concretos con resistencia de hasta 900 kg/cm², la operación de cabecear es tediosa y potencialmente peligrosa, por esta razón y como recomendación para realizar una nueva investigación, mencionaré los diversos intentos que se han hecho para desarrollar remates sin adherencia, los cuales se presentan en forma de un cojín elastomérico insertado dentro de un remate metálico rígido restrictivo.

Se ha comprobado que los cojines de neopreno dentro de remates de acero son satisfactorios, ya que el cojín tendrá que ajustarse sin holgura dentro del remate metálico cuyo diámetro interno debe ser de aproximadamente 6 mm mayor que el diámetro del cilindro, pero es importante que el cilindro sea concéntrico con el remate.

Otra modalidad del cabeceo sin adherencia es el que se realiza con base en remates de hule, en este caso el hule a utilizar tiene que ser de diferentes durezas dependiendo de la resistencia del concreto, lo que representa un factor de complicación en caso de no poder anticipar la resistencia del cilindro.

Una restricción de los sistemas con base a remates de hule es que no deben utilizarse en concretos con baja resistencia, es decir, se recomienda utilizarlos en concretos que tengan una resistencia mayor a los 200 kg/cm², porque a menores resistencias el cabeceado sin adherencia producirá valores de menor resistencia que aquellos obtenidos con el cabeceo convencional de mortero de azufre.

Sin embargo, una realidad es que el uso del cabeceo sin adherencia se ha limitado en varios países y, por lo tanto, actualmente no se dispone de una comparación segura entre las resistencias obtenidas utilizando este tipo de cabeceo respecto a los valores resultantes del cabeceo con mortero de azufre.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en caso de poder realizar una comparación y comprobar que existe una pequeña diferencia de resistencias en comparación con la del cabeceo con mortero de azufre, no será tan importante debido a que cada método de cabeceo introduce una influencia sistemática sobre la resistencia observada, de forma que no hay una resistencia “verdadera” del concreto, lo importante es que se utilice un solo método durante un proyecto de construcción.

Se ha demostrado que la variabilidad de los resultados en cilindros con remates sin adherencia es menor que con el cabeceo normal, debido al efecto benéfico que tiene el cabeceo sin adherencia ya que reduce la aspereza en los extremos del cilindro.

Como ya se ha mencionado, cabecear concreto de muy alta resistencia puede presentar un problema muy especial en el caso de que dicho concreto tenga una mayor resistencia que el mortero de azufre, sin embargo, el cabeceo sin adherencia tampoco es satisfactorio debido a que los cojines pueden ser seriamente dañados.

Para estos casos, el pulido de los extremos del cilindro da muy buenos resultados pero es lento y costoso, además debemos asegurar una alta calidad de pulido y de acabado.

En la circunstancia de querer evitar el pulido, se ha desarrollado un remate de acero restrictivo con relleno de arena, la cual se obtiene compactando arena fina y seca en el remate, posteriormente el cilindro se coloca en la parte superior de la arena y una vez colocado se vierte la parafina derretida a fin de formar un sello que confine la arena y mantenga centrado el cilindro.

V.2.1.2 Cabeceo De Especímenes Cilíndricos

Como ya se ha explicado, el objetivo y campo de aplicación de la norma mexicana ***NMX-C-109-ONNCCE-2004***, es establecer los procedimientos para cabecear con mortero de azufre los especímenes cilíndricos de concreto endurecido, cuando las bases no cumplen con los requisitos de planicidad y de perpendicularidad.

Sabemos que el cabeceo se puede realizar de diferentes formas o métodos, es por ello que la presente norma mexicana respalda que el método es aplicable para realizar este trabajo de ***Tesis***, ya que el cabeceo de los cilindros de concreto endurecido se realizó utilizando al mortero de azufre fundido como el material base para realizarlo, debido a que los especímenes endurecidos fueron curados con humedad.

Es importante aclarar que es responsabilidad tanto del jefe de laboratorio como del coordinador de área, supervisar que todos los procesos se desarrollen para poder realizar correctamente los ensayos a compresión siguiendo lo descrito en la presente norma mexicana y es responsabilidad del laboratorista cabecear adecuadamente los especímenes cilíndricos, así como registrar la información obtenida en el formato de programación de ensayos a la compresión de cilindros de concreto - cabeceo (Ver Inciso V.3).

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, el equipo que se utilizó para cabecear con mortero de azufre fundido los cilindros de concreto endurecido fue (Ver Figuras 57 y 58):

- A) Un mueble metálico nivelado, de tamaño adecuado para colocar dentro de él todo el equipo y los dispositivos necesarios.
- B) Dos platos metálicos de cabeceo, los cuales cumplieron con los requisitos indicados en el inciso V.1.2.1 respecto al material, geometría, dimensiones, espesor, resistencia, limpieza y planicidad, además de estar libre de depresiones.
- C) Dos bases cabeceadoras, de igual forma cumplieron con los requerimientos establecidos en el inciso V.1.2.1 respecto al material, geometría, dimensiones, espesor, resistencia, limpieza y planicidad.
- D) Un dispositivo de alineación (Nivel de "Ojo de buey") para verificar que ninguna capa se apartara de la perpendicularidad respecto al eje del espécimen cilíndrico en más de 3 mm en 30 cm.
- E) Un olla o recipiente para fundir el azufre equipado con dispositivos que controlan la temperatura de forma automática, además de cumplir con los requisitos respecto a la capacidad, resistencia, limpieza y un material que no fuera reactivo con el mortero de azufre fundido.
- F) Una barra de acero para agitar dentro del recipiente tanto el mortero de azufre fundido como el sólido.
- G) Un cucharón para vaciar en los platos metálicos el mortero de azufre fundido, el cual también cumplió con los requisitos de material, capacidad, resistencia, limpieza y no reactivo al mortero fundido.
- H) Una campana de extracción de gases la cual debemos activar al momento de realizar el fundido.

- I) Un termómetro metálico con alcance mínimo de 150 °C con el fin de verificar la temperatura del mortero de azufre.
- J) Un flexómetro y un compás de punta para determinar tanto la altura como el diámetro del cilindro respectivamente.
- K) Una báscula para determinar la masa de los cilindros, la cual cumple con los requisitos de calibración establecidos.
- L) Una espátula para quitar los residuos del mortero de azufre endurecido después de haber realizado el cabeceo.
- M) Una escuadra metálica de bordes rígidos para verificar la perpendicularidad de los cilindros.
- N) Un vernier para corroborar que el espesor de la capa de cabeceo en ambos extremos del espécimen tuviera el grosor indicado en la Tabla 15.
- O) Aceite hidráulico para lubricar ligeramente los platos metálicos de cabeceo antes de surtir en ellos el mortero de azufre fundido.
- P) Un embudo para verificar la resistencia del mortero de azufre.
- Q) El equipo básico de seguridad como guantes y mascarilla contra gases.

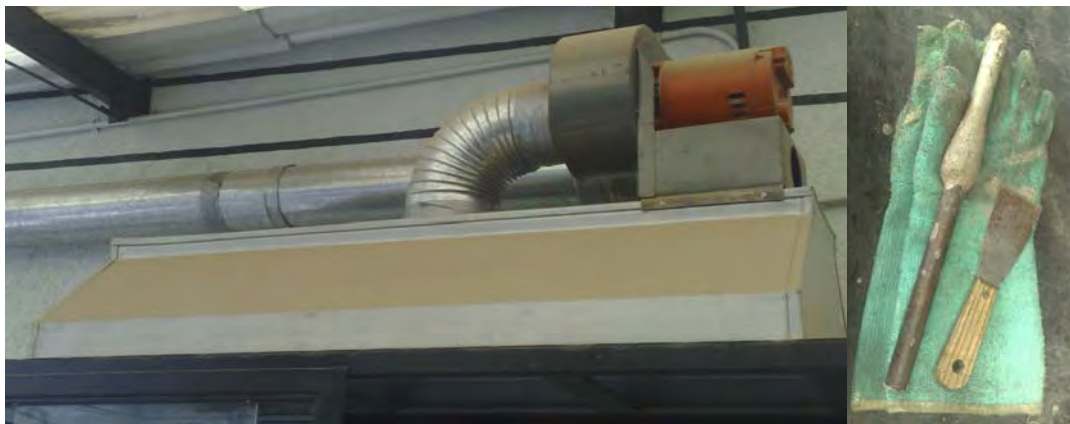


FIGURA 57
EQUIPO AUXILIAR PARA CABECEO - 1



FIGURA 58
EQUIPO AUXILIAR PARA CABECEO - 2

Siguiendo con los procedimientos establecidos en la presente norma mexicana, es importante mencionar la logística establecida para realizar el cabeceo con base en los recursos disponibles para realizar este trabajo de **Tesis**, ya que tomando en cuenta la capacidad del recipiente para el fundido del mortero de azufre fue imposible realizar esta operación en una sola etapa para los primeros 44 cilindros, por estas razones el primer paso fue colocar en él únicamente la cantidad necesaria para cabecear los primeros 22 especímenes.

Para el caso de los últimos 22 cilindros de concreto, eliminamos el mortero de azufre sobrante, verificando su rehúso en caso de volver a ser utilizado al momento de repetir el proceso de fundido explicado anteriormente con el fin de evitar pérdida de resistencia ocasionada por su contaminación.

De igual forma, este proceso se repitió para los 66 cilindros de la segunda etapa, seccionándolos en 3 partes, es decir, cabeceando bloques de 22 cilindros a la vez.

Es importante aclarar que aunque no era necesario verificar por medio de especímenes cúbicos de 5 cm por lado, si el mortero de azufre contaba mínimo con la resistencia del concreto, ya que este procedimiento solo aplica en cilindros de concreto con resistencias mayores a los 350 kg/cm², se decidió realizar este proceso para comprobar que se cumplían con los requisitos indicados en el inciso V.1.3.2.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y con base en el formato de reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado que se encuentra al final del capítulo dos (Ver Inciso II.3) referente a la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”, podemos observar que la resistencia del concreto solicitada por el proyecto fue de 250 kg/cm².

El siguiente paso fue preparar el mortero de azufre sólido, siempre verificando que se encontrara totalmente seco, ya que la humedad puede producir espuma, para posteriormente calentar el material de cabeceo a una temperatura de 140 ± 10 °C, la cual verificamos por medio del termómetro metálico (Ver Figura 59).



FIGURA 59
VERIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL MORTERO DE AZUFRE

La consistencia del mortero de azufre es un buen parámetro para deducir el momento en el cual estará listo para realizar el cabeceo, por ello es conveniente agitarlo de forma constante durante el proceso de fundido mediante la barra de acero.

El siguiente procedimiento fue retirar los cilindros de la piletta de curado minutos antes de realizar el cabeceo, colocándolos en un lugar fresco, limpio y libre de los rayos del sol para de esta forma cumplir con las condiciones de humedad que establece la norma mexicana **NMX-C-083-ONNCCE-2002**, con el fin de mantenerlos húmedos durante el tiempo transcurrido entre el terminado del cabeceo y hasta el momento del ensaye.

De inmediato se procedió a marcar todos los cilindros en su parte lateral con un lápiz de cera, ya que el etiquetado hecho en alguna de sus bases iba a ser cubierto a la hora de realizar el cabeceo, es recomendable aplicar esta metodología ya que de esta forma se conserva el orden y nos evitamos la confusión de perder o confundir algún espécimen.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y como ya hemos mencionado decidimos marcar los especímenes con la siguiente nomenclatura, por ejemplo, para los cilindros elaborados de la muestra No. 1, los cilindros que serían ensayados a 7 días se identificaron como 1 - 1 y 2 - 1, posteriormente los especímenes que fueron ensayados a 28 días eran 3 - 1, 4 -1 y 5 -1, además es importante mencionar que este procedimiento de identificación se repitió para los 110 cilindros elaborados de las 22 muestras tomadas en el colado de la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos".

Una vez que se han dejado reposar los cilindros durante un periodo aproximado de 15 min con el objetivo de que "escurran", la siguiente actividad fue determinar en cada uno de ellos tanto su diámetro como su altura.

Para la toma de los diámetros utilizamos el compás de punta, tomando 2 lecturas de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura diferente del cilindro verificando la medición de la abertura que el compás experimentó mediante el flexómetro, por ejemplo, tomamos estas lecturas a las alturas de 10 y 20 cm respecto a la base del espécimen (Ver Figura 60).



FIGURA 60
DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DEL CILINDRO

Para determinar las lecturas respecto a la altura del cilindro, debimos realizarlas mediante un flexómetro en dos puntos opuestos del espécimen, por ejemplo, podemos tomar estas lecturas a 0° y 180° o bien a 90° y 270° tomando como referencia la circunferencia del espécimen (Ver Figura 61).



FIGURA 61
DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DEL CILINDRO

El resultado final del diámetro, así como la altura se obtienen promediando las lecturas y la información tanto parcial como final se debe registrar en el formato de programación de ensayos a la compresión de cilindros de concreto - cabeceo.

Habiendo obtenido estas medidas, el siguiente paso fue determinar la masa del cilindro por medio de la báscula (Ver Figura 62), de igual forma debimos registrar esta información en el formato de programación de ensayos a la compresión de cilindros de concreto - cabeceo (Ver Inciso V.3).



FIGURA 62
DETERMINACIÓN DE LA MASA DEL CILINDRO

Una forma de verificar que el cilindro estuviera listo para ser cabeceado, así como de asegurar la adherencia entre el mortero de azufre y la base del espécimen, fue limpiando superficialmente la cara del cilindro, verificando que permaneciera seca y que no haya sido aceitada antes de la aplicación de la capa de cabeceo.

Antes de vaciar el mortero de azufre fundido sobre el plato metálico de cabeceo debimos verificar que éste fuera calentado con el fin de reducir el efecto respecto a la velocidad de endurecimiento que presenta el mortero de azufre fundido al hacer contacto con el plato metálico para evitar la formación de capas delgadas.

Inmediatamente antes de vaciar la capa se debe agitar el mortero de azufre fundido, además de verificar que se hayan lubricado los platos metálicos con aceite hidráulico, así como que se encuentren secos, limpios, libres de cera y agua con el fin de evitar que dentro de la capa de cabeceo se formen burbujas o bolsas de espuma que interfieran en la adherencia.

Es importante mencionar que el proceso de cabeceo se llevó a cabo en bloques de 2 cilindros, debido a que de esta forma se optimizó el tiempo para esta prueba sin descuidar los estándares de calidad.

Colocados los cilindros en la posición indicada en la Figura 65, el siguiente paso fue vaciar la cantidad necesaria de mortero de azufre fundido sobre el primer plato de cabeceo por medio del cucharón y con base en la experiencia del técnico de laboratorio, para inmediatamente después colocar la base del cilindro sobre el plato de cabeceo recién llenado para establecer contacto con el mortero de azufre fundido utilizando la barra guía y de esta forma centrarlo (Ver Figura 63).



FIGURA 63
CABECEO DE CILINDROS DE CONCRETO

Es necesario dejar transcurrir el tiempo suficiente para permitir el enfriamiento del mortero de azufre, es decir, esta operación es muy importante y no tardamos en realizarla más de 15 seg (Ver Figura 64), además todo el proceso de vaciado y de cabeceo debemos repetirlo para el segundo cilindro de forma alternada.



FIGURA 64
CABECEO ALTERNADO EN GRUPOS

Una vez que el mortero de azufre endureció, debimos acercar el conjunto cilindro - plato metálico de cabeceo hacia nosotros para mediante un movimiento de giro en el cilindro, así como de un golpe ligero en la base cabeceadora desprender el cilindro cabeceado para colocarlo sobre ella con el extremo del cilindro cabeceado hacia arriba (Ver Figura 65), además de inmediato debimos regresar el plato metálico de cabeceo limpio a su posición, quitando cualquier residuo de mortero de azufre endurecido por medio de la espátula y, en caso de ser necesario, colocar nuevamente aceite hidráulico.

Posteriormente se vuelve a repetir el proceso de cabeceo para el segundo extremo, siguiendo exactamente todas las indicaciones hechas para la primera base, de igual forma proseguimos repitiendo el procedimiento de cabeceo hasta concluir con el total de los especímenes cilíndricos.

Como ya se mencionó es de gran importancia esperar a que el mortero de azufre alcance su resistencia máxima, por lo que una vez terminado el cabeceo de todos los cilindros y con base en el formato de reporte de muestreo y colado de concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado que se encuentra al final del capítulo dos (Ver Inciso //.3) referente a la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos", podemos observar que la resistencia del concreto solicitada por el proyecto fue de 250 kg/cm², por lo tanto, el tiempo de espera para que el mortero de azufre alcanzara su resistencia fue de 2 hrs.



FIGURA 65
PREPARACIÓN DE CABECEO SEGUNDO EXTREMO

Siguiendo con los procedimientos para cumplir con las condiciones de humedad que establece la norma mexicana **NMX-C-083-ONNCCE-2002**, es importante mantener húmedos los cilindros cabeceados, por lo que de inicio debimos colocarlos ya sea en bases especiales o en un lugar adecuado para su reposo, cubriéndolos con una jerga húmeda hasta el momento de realizar el ensaye (Ver Figura 66).



FIGURA 66
CONDICIONES DE HUMEDAD DESPUÉS DEL CABECEO

V.2.2 Laboratorio No Acreditado

V.2.2.1 Detalles a Considerar

Esta investigación está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la industria de la construcción, sin embargo, en este caso en particular, así como en el siguiente capítulo en donde evaluamos la prueba para determinar la resistencia a la compresión de los cilindros cabeceados anteriormente, no pudimos comprobar o verificar físicamente los detalles tanto positivos como negativos generados de realizar esta prueba, ya que como hemos mencionado este trabajo de **Tesis** está basado en un proyecto real y, por lo tanto, en el modelo de cómo se realizan las pruebas en la obra por parte de ambos laboratorios.

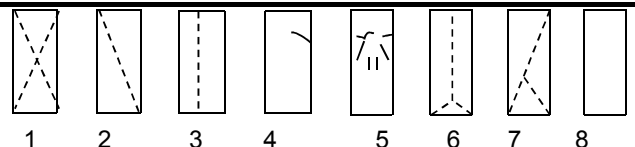
De acuerdo a lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta que cualquier desviación respecto a los procedimientos que no están de acuerdo con los estándares establecidos en la presente norma mexicana dará como resultado una resistencia más baja, mencionaré algunos puntos en donde considero que el factor error puede aparecer:

- Asegurarse que la resistencia del mortero de azufre sea la establecida en la Tabla 15.
- Verificar que realmente se respete el tiempo de fundido del mortero de azufre, ya que debido a la temperatura que indica la presente norma mexicana es complicado que se aplique adecuadamente el proceso.
- Asegurar que las bases estén perfectamente secas para evitar la formación de burbujas, ya que en muchas ocasiones el tiempo de reposo no es el adecuado.
- Verificar con anticipación que la báscula esté calibrada, tomando en cuenta la cantidad de cilindros estudiados en un periodo determinado.
- Verificar que el rehuso del mortero de azufre se encuentre dentro del permisible.
- Que el técnico de laboratorio cuente con la capacidad adecuada, así como con el buen conocimiento de la presente norma mexicana.
- Que siempre se mantengan las condiciones de humedad en los cilindros, así como que se respete el tiempo mínimo para que el mortero de azufre tome su resistencia.

V.3 PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 1	1 -- 1	7	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	29.9	29.95	177.9	5327.9
Xico - 1	2 -- 1	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.5	30.4	30.45	179.1	5452.9
Xico - 2	1 -- 2	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.0	30.15	177.9	5363.5
Xico - 2	2 -- 2	7	21	63	15.0	14.9	14.95	29.9	30.0	29.95	175.5	5257.4
Promedio					15.05	15.03	15.04	30.18	30.08	30.13	177.6	5350.4

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm²)	Volúmen (cm³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 3	1 -- 3	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.2	30.1	30.15	177.9	5363.5
Xico - 3	2 -- 3	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.0	29.95	179.1	5363.4
Xico - 4	1 -- 4	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.3	30.30	177.9	5390.2
Xico - 4	2 -- 4	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.0	29.9	29.95	175.5	5257.4
Promedio					15.05	15.03	15.04	30.10	30.08	30.09	177.6	5343.6

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 5	1 -- 5	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 5	2 -- 5	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 6	1 -- 6	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.1	30.00	179.1	5372.4
Xico - 6	2 -- 6	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.3	29.9	30.10	179.1	5390.3
Promedio					15.10	15.10	15.10	30.05	30.00	30.03	179.1	5376.8

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 7	1 -- 7	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.1	30.10	179.1	5390.3
Xico - 7	2 -- 7	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 8	1 -- 8	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.3	30.2	30.25	175.5	5310.0
Xico - 8	2 -- 8	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.3	30.2	30.25	176.7	5345.6
Promedio					15.03	15.05	15.04	30.18	30.13	30.15	177.6	5354.6

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 9	1 -- 9	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 9	2 -- 9	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.1	30.05	176.7	5310.3
Xico - 10	1 -- 10	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.2	30.15	179.1	5399.2
Xico - 10	2 -- 10	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.2	30.1	30.15	176.7	5327.9
Promedio					15.05	15.05	15.05	30.08	30.10	30.09	177.9	5352.4

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 11	1 -- 11	7	21	63	14.9	14.9	14.90	29.9	30.0	29.95	174.4	5222.3
Xico - 11	2 -- 11	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.0	30.0	30.00	177.9	5336.8
Xico - 12	1 -- 12	7	21	63	15.0	15.0	15.00	29.9	30.1	30.00	176.7	5301.4
Xico - 12	2 -- 12	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.0	30.00	176.7	5301.4
Promedio					15.00	14.98	14.99	29.95	30.03	29.99	176.4	5290.5

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepéc, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 13	1 -- 13	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.1	30.05	176.7	5310.3
Xico - 13	2 -- 13	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.3	29.9	30.10	179.1	5390.3
Xico - 14	1 -- 14	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.1	30.00	179.1	5372.4
Xico - 14	2 -- 14	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.2	30.15	179.1	5399.2
Promedio					15.08	15.08	15.08	30.08	30.08	30.08	178.5	5368.0

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 15	1 -- 15	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 15	2 -- 15	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.0	30.15	177.9	5363.5
Xico - 16	1 -- 16	7	21	63	15.0	14.9	14.95	29.9	30.0	29.95	175.5	5257.4
Xico - 16	2 -- 16	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.5	30.4	30.45	179.1	5452.9
Promedio					15.08	15.03	15.05	30.18	30.10	30.14	177.9	5361.6

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepéc, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 17	1 -- 17	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.2	30.1	30.15	176.7	5327.9
Xico - 17	2 -- 17	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.0	29.95	179.1	5363.4
Xico - 18	1 -- 18	7	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	29.9	29.95	177.9	5327.9
Xico - 18	2 -- 18	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.3	30.2	30.25	176.7	5345.6
Promedio					15.03	15.05	15.04	30.10	30.05	30.08	177.6	5341.2

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepéc, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altu ra			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 19	1 -- 19	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.1	30.10	179.1	5390.3
Xico - 19	2 -- 19	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 20	1 -- 20	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.2	30.1	30.15	177.9	5363.5
Xico - 20	2 -- 20	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.0	29.9	29.95	175.5	5257.4
Promedio					15.05	15.05	15.05	30.08	30.03	30.05	177.9	5345.9

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepéc, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 21	1 -- 21	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 21	2 -- 21	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.3	30.30	177.9	5390.2
Xico - 22	1 -- 22	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	179.1	5372.4
Xico - 22	2 -- 22	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.3	30.2	30.25	175.5	5310.0
Promedio					15.05	15.05	15.05	30.15	30.13	30.14	177.9	5361.2

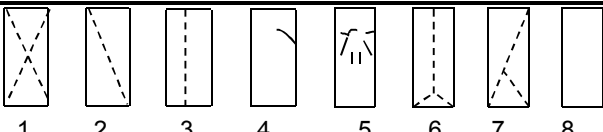
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 1	3 -- 1	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.0	30.1	30.05	174.4	5239.7
Xico - 1	4 -- 1	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.4	30.5	30.45	176.7	5381.0
Xico - 1	5 -- 1	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.0	29.9	29.95	175.5	5257.4
Xico - 2	3 -- 2	28	21	63	14.5	14.6	14.55	29.8	31.0	30.40	166.3	5054.6
Xico - 2	4 -- 2	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.6	30.55	176.7	5398.6
Xico - 2	5 -- 2	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.1	30.1	30.10	175.5	5283.7
Promedio					14.88	14.90	14.89	30.13	30.37	30.25	174.2	5269.2

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 3	3 -- 3	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.0	30.2	30.10	175.5	5283.7
Xico - 3	4 -- 3	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.4	30.4	30.40	176.7	5372.1
Xico - 3	5 -- 3	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.4	30.5	30.45	175.5	5345.1
Xico - 4	3 -- 4	28	21	63	14.7	14.8	14.75	30.2	29.9	30.05	170.9	5134.7
Xico - 4	4 -- 4	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.5	30.4	30.45	166.3	5062.9
Xico - 4	5 -- 4	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.6	30.7	30.65	174.4	5344.3
Promedio					14.82	14.88	14.85	30.35	30.35	30.35	173.2	5257.2

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 5	3 -- 5	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.0	30.1	30.05	174.4	5239.7
Xico - 5	4 -- 5	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.4	30.4	30.40	175.5	5336.4
Xico - 5	5 -- 5	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	29.9	29.95	176.7	5292.6
Xico - 6	3 -- 6	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.6	30.7	30.65	175.5	5380.3
Xico - 6	4 -- 6	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.5	30.6	30.55	166.3	5079.6
Xico - 6	5 -- 6	28	21	63	14.7	14.8	14.75	30.1	30.1	30.10	170.9	5143.3
Promedio					14.83	14.87	14.85	30.27	30.30	30.28	173.2	5245.3

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 7	3 -- 7	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.7	30.60	176.7	5407.5
Xico - 7	4 -- 7	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.4	30.5	30.45	175.5	5345.1
Xico - 7	5 -- 7	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.0	30.2	30.10	166.3	5004.7
Xico - 8	3 -- 8	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.4	30.45	176.7	5381.0
Xico - 8	4 -- 8	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.1	30.1	30.10	174.4	5248.4
Xico - 8	5 -- 8	28	21	63	14.7	14.8	14.75	30.6	30.7	30.65	170.9	5237.3
Promedio					14.83	14.88	14.86	30.35	30.43	30.39	173.4	5270.7

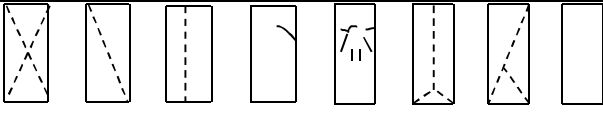
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 9	3 -- 9	28	21	63	14.8	14.9	14.85	30.0	30.0	30.00	173.2	5195.9
Xico - 9	4 -- 9	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.6	30.55	176.7	5398.6
Xico - 9	5 -- 9	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.0	29.9	29.95	166.3	4979.8
Xico - 10	3 -- 10	28	21	63	14.9	15.0	14.95	29.8	31.0	30.40	175.5	5336.4
Xico - 10	4 -- 10	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.4	30.5	30.45	175.5	5345.1
Xico - 10	5 -- 10	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.2	29.9	30.05	174.4	5239.7
Promedio					14.85	14.88	14.87	30.15	30.32	30.23	173.6	5249.3

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 11	3 -- 11	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.4	30.5	30.45	176.7	5381.0
Xico - 11	4 -- 11	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.4	30.4	30.40	166.3	5054.6
Xico - 11	5 -- 11	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.0	29.9	29.95	175.5	5257.4
Xico - 12	3 -- 12	28	21	63	14.9	15.0	14.95	29.8	31.0	30.40	175.5	5336.4
Xico - 12	4 -- 12	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.2	30.10	176.7	5319.1
Xico - 12	5 -- 12	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.1	30.1	30.10	175.5	5283.7
Promedio					14.90	14.90	14.90	30.12	30.35	30.23	174.4	5272.0

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 13	3 -- 13	28	21	63	14.8	15.0	14.90	30.0	29.9	29.95	174.4	5222.3
Xico - 13	4 -- 13	28	21	63	15.0	14.9	14.95	29.9	30.3	30.10	175.5	5283.7
Xico - 13	5 -- 13	28	21	63	14.6	14.8	14.70	30.2	29.9	30.05	169.7	5100.0
Xico - 14	3 -- 14	28	21	63	15.0	14.8	14.90	30.4	30.1	30.25	174.4	5274.6
Xico - 14	4 -- 14	28	21	63	14.5	15.0	14.75	30.0	30.2	30.10	170.9	5143.3
Xico - 14	5 -- 14	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.1	30.0	30.05	174.4	5239.7
Promedio					14.80	14.90	14.85	30.10	30.07	30.08	173.2	5210.6

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 15	3 -- 15	28	21	63	14.7	14.9	14.80	30.1	30.0	30.05	172.0	5169.6
Xico - 15	4 -- 15	28	21	63	15.1	14.8	14.95	30.4	30.2	30.30	175.5	5318.8
Xico - 15	5 -- 15	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	29.9	29.95	176.7	5292.6
Xico - 16	3 -- 16	28	21	63	14.8	14.7	14.75	29.9	30.0	29.95	170.9	5117.7
Xico - 16	4 -- 16	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.2	30.4	30.30	175.5	5318.8
Xico - 16	5 -- 16	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	30.1	30.05	177.9	5345.7
Promedio					14.92	14.92	14.92	30.10	30.10	30.10	174.8	5260.5

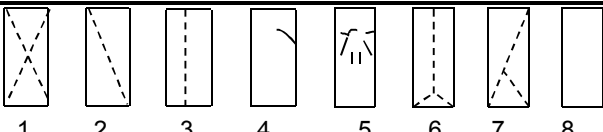
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 17	3 -- 17	28	21	63	14.8	15.0	14.90	30.0	30.2	30.10	174.4	5248.4
Xico - 17	4 -- 17	28	21	63	15.0	14.8	14.90	29.9	30.0	29.95	174.4	5222.3
Xico - 17	5 -- 17	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.1	30.0	30.05	175.5	5274.9
Xico - 18	3 -- 18	28	21	63	14.7	14.9	14.80	30.2	30.0	30.10	172.0	5178.2
Xico - 18	4 -- 18	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	29.9	29.95	176.7	5292.6
Xico - 18	5 -- 18	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	30.4	30.20	177.9	5372.4
Promedio					14.90	14.97	14.93	30.03	30.08	30.06	175.2	5264.8

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 19	3 -- 19	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.0	30.0	30.00	175.5	5266.2
Xico - 19	4 -- 19	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.1	30.0	30.05	177.9	5345.7
Xico - 19	5 -- 19	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.2	30.10	176.7	5319.1
Xico - 20	3 -- 20	28	21	63	14.9	14.8	14.85	29.9	30.1	30.00	173.2	5195.9
Xico - 20	4 -- 20	28	21	63	14.6	14.7	14.65	30.3	30.1	30.20	168.6	5090.6
Xico - 20	5 -- 20	28	21	63	14.8	15.0	14.90	30.0	29.9	29.95	174.4	5222.3
Promedio					14.88	14.92	14.90	30.05	30.05	30.05	174.4	5240.0

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO - CABECEO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Área (cm ²)	Volúmen (cm ³)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)		
Xico - 21	3 -- 21	28	21	63	14.9	15.1	15.00	30.0	29.9	29.95	176.7	5292.6
Xico - 21	4 -- 21	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.2	30.1	30.15	175.5	5292.5
Xico - 21	5 -- 21	28	21	63	15.0	14.8	14.90	30.0	30.2	30.10	174.4	5248.4
Xico - 22	3 -- 22	28	21	63	14.9	14.7	14.80	30.1	30.0	30.05	172.0	5169.6
Xico - 22	4 -- 22	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	30.2	30.10	177.9	5354.6
Xico - 22	5 -- 22	28	21	63	14.7	14.9	14.80	30.2	30.3	30.25	172.0	5204.0
Promedio					14.92	14.92	14.92	30.08	30.12	30.10	174.8	5260.3

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

CAPÍTULO VI: NORMA MEXICANA NMX-C-083-ONNCCE-2002 “INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO - MÉTODO DE PRUEBA”

Para el concreto simple, una de las pruebas más importantes es la de resistencia a la compresión, debido a que determinando ésta, podemos definir la calidad del mismo y verificar que el concreto suministrado cumpla con la resistencia especificada por el proyecto, por ello en este sexto capítulo, nos enfocaremos a los métodos de prueba para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto, conociendo el procedimiento completo para realizar la prueba, el objetivo y campo de aplicación, la definición de resistencia a la compresión, la preparación y el acondicionamiento de la muestra, el equipo necesario, las condiciones ambientales, el cálculo y la expresión de los resultados, el informe de la prueba, entre otros y además, detectar los aspectos más importantes para la correcta realización de la misma.

¿Qué es la resistencia a la compresión? (Ver Apéndice de Definiciones *B.161*)
Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras, la cual se mide fracturando cilindros de concreto simple (sin refuerzo) en una máquina de ensayos que comienza a presionarlo y que va registrando las toneladas que resiste hasta llegar a la falla.

La resistencia a la compresión se mide en kg/cm² y se presenta por medio de la expresión “f’c”, presentando una variación de unidad de 50 en 50, es por ello que existen concretos con resistencias de 100, 150, 200 kg/cm², etc. y en algunas edificaciones se llega a construir hasta con resistencias de 350 y 400 kg/cm². La resistencia del concreto depende del tipo y de las necesidades del proyecto, por lo que pueden realizarse pedidos con resistencias mayores a las ya mencionadas.

Se debe llevar un control y una identificación que relacione claramente las muestras tomadas para esta prueba con la ubicación de los elementos que se fabricaron con el concreto del que se tomó dicha muestra, a fin de realizar acciones correctivas precisas en caso de que las pruebas arrojen resultados inferiores a los requeridos.¹

VI.1 Metodología Para Realizar La Prueba

VI.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación

NMX-C-083-ONNCCE-2002: La presente norma mexicana establece los métodos de prueba para determinar la resistencia a la compresión del concreto en especímenes cilíndricos moldeados y corazones de concreto con masa volumétrica mayor a 900 kg/m³.

¹ GARCÍA RIVERO JOSÉ LUIS. Manual Técnico de Construcción. 1ra. Edición. Porrúa. México. 2002. Pág. 135.

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna otra a nivel internacional, debido a que no existía referencia alguna al momento de su elaboración.

La presente norma mexicana cancela a la NMX-C-083-1997 y entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 13 de Febrero de 2003 por parte de la Secretaría de Economía (SE).

También es importante mencionar que esta norma mexicana se complementa con la respectiva información vigente incluida tanto en el Apéndice de Referencias C.5 como en el Apéndice Bibliográfico D.5.

VI.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos

VI.1.2.1 Máquina De Prueba (Ver Figura 67)

La máquina de prueba puede ser universal o a compresión, pero que cuente con la capacidad suficiente y que sea capaz de funcionar a la velocidad de aplicación de la carga indicada en el Inciso VI.1.5.2 sin producir ningún tipo de impacto ó pérdida de carga.

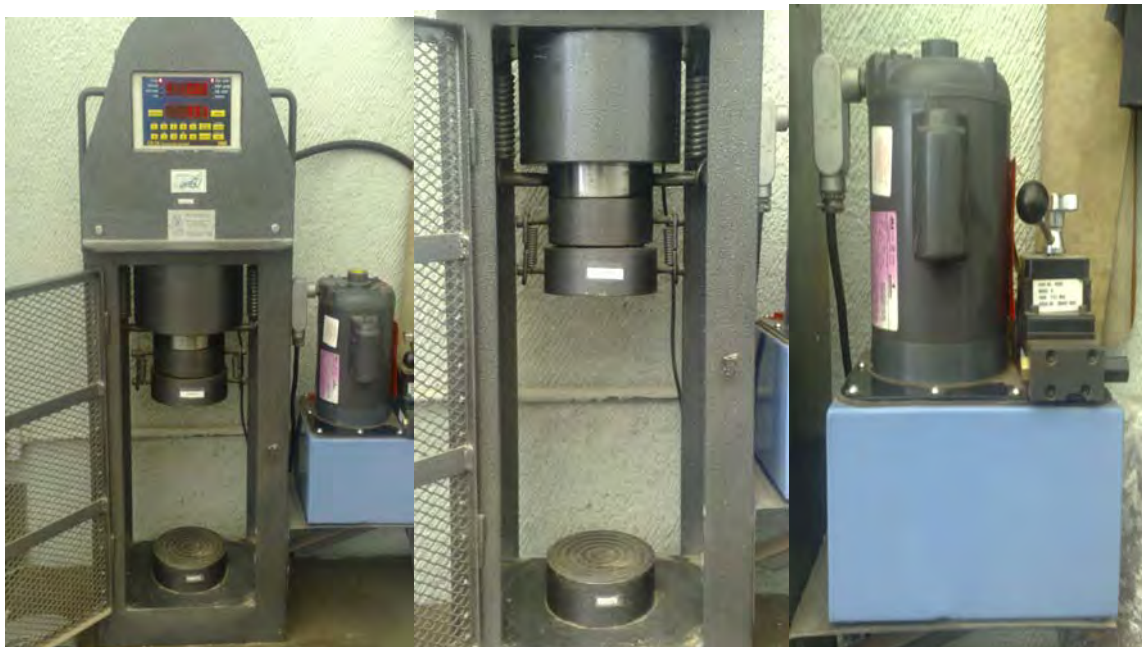


FIGURA 67
MÁQUINA DE PRUEBA

a) En caso que la máquina de prueba tenga solo una velocidad de carga que cumple con lo indicado en el Inciso VI.1.5.2, deberá contener algún dispositivo adicional que pueda ser operado ya sea tanto de forma mecánica como manual, con el fin de ajustar la carga a una velocidad adecuada para su calibración.

Es importante mencionar que el espacio correspondiente para los especímenes de prueba debe ser lo suficientemente grande para darle cabida en una posición cómoda tanto a éstos como al dispositivo de calibración.

b) Para la aplicación de la carga, la máquina de prueba debe estar equipada con dos bloques sólidos de acero o material similar, con la superficie de contacto endurecida de preferencia con dureza rockwell de C-55, además, uno de los bloques debe tener asiento esférico y apoyarse en la parte superior del espécimen, el otro debe ser rígido sobre el cual descansará el mismo.

Con la excepción de los círculos concéntricos que se describirán más adelante, la superficie de apoyo no debe diferir de un plano en más de 0.025 mm en una longitud de 15 cm y para los bloques menores de 15 cm, la tolerancia de planicidad es de 0.025 mm, además es recomendable que los bloques nuevos tengan la mitad de estas tolerancias.

En caso de que el diámetro de la superficie de carga del bloque de asiento esférico exceda al diámetro del espécimen en 13 mm o más, se deberán grabar círculos concéntricos que no tengan más de 0.8 mm de profundidad, ni más de 1.2 mm de ancho, con el objetivo de proporcionar un centrado correcto.

c) En lo que se refiere al apoyo inferior, puede ser una platina en caso de que sea fácilmente desmontable y susceptible de maquinarse o también puede ser un bloque adicional que puede o no estar fijo a la platina.

En caso de que el apoyo inferior sea el bloque adicional, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Se debe maquinar en caso de que se requiera para conservar las condiciones específicas de superficies, las cuales deben ser paralelas entre sí.
- 2) Su dimensión horizontal menor debe ser mínimo 3% mayor que el diámetro del espécimen a probar.
- 3) Los círculos concéntricos son opcionales en la cara donde se apoya el espécimen.

Cuando se utilice el bloque inferior de apoyo para centrar el espécimen, el centro de los círculos concéntricos en el caso de que se tengan o el centro del bloque, deben coincidir con el centro de la cabeza esférica y se debe tener cuidado de que dicho bloque no se deslice sobre la platina.

Es importante verificar que el bloque de apoyo inferior debe tener como mínimo 2.25 cm de espesor después de cualquier rectificación en sus superficies.

d) El bloque superior de carga con asiento esférico debe cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) El diámetro máximo no debe exceder los valores indicados en la Tabla 16.

TABLA 16

DIÁMETRO PARA PLACA SUPERIOR DE CARGA	
Diámetro de los Especímenes de Prueba (mm)	Diámetro Máximo de la Placa (mm)
50	100
75	125
100	165
150	250
200	280

- 2) Los bloques de apoyo pueden tener caras cuadradas, siempre y cuando se cumpla que el diámetro del mayor círculo inscrito no exceda de los diámetros establecidos en la Tabla 16, sin embargo, se aceptan máquinas con placa de carga superior de dimensiones mayores siempre que se garantice el correcto acoplamiento a la base superior del espécimen por probar verificando la planicidad de la superficie de la placa.
- 3) El centro de la esfera debe coincidir con el centro de la superficie de la cara de apoyo, se acepta una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera, además, el diámetro de ésta debe ser por lo menos 75% del diámetro del espécimen a probar.
- 4) Se recomienda que el área de contacto sea en forma de anillo, ya que la esfera y el soporte deben ser diseñados de tal forma que el acero no se deforme de manera permanente en las áreas de contacto.

- 5) La porción esférica y la superficie curva del soporte deben de conservarse limpias, así como lubricarse con aceite mineral delgado y no con grasa lubricante, además, por ningún motivo se debe reacomodar la placa de carga una vez que se ha iniciado con la aplicación de la carga.
- 6) En caso de que el radio de la esfera sea más pequeño que el radio del espécimen de mayor tamaño que se va a probar, la porción de la cara de apoyo del bloque de carga que se extiende más allá de la esfera, debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen, además, la dimensión mínima de la cara de apoyo del bloque de carga debe ser la correspondiente al diámetro de la esfera.
- 7) La porción móvil del bloque de carga debe ser sostenida cerca del asiento esférico, pero el diseño debe garantizar que la cara de apoyo pueda girar libremente mínimo 4° en cualquier dirección.

VI.1.2.2 Dispositivo De Lectura De Carga (Ver Figura 68)

En caso de que la carga de una máquina para ensaye a compresión sea registrada en una carátula, ésta deberá contener una escala graduada adecuada de tal forma que se pueda leer por lo menos con una aproximación de 2.5% de la carga aplicada, también es recomendable mantener la misma graduación en la escala de toda la carátula.

Además, debe estar provista de una línea de referencia en cero y una graduación que comience en forma progresiva cuando menos en el 10% de su capacidad.

También, debe contar con una aguja indicadora, la cual debe ser de longitud suficiente para coincidir con las marcas de graduación y el ancho de su extremo, de ninguna forma debe ser mayor que el claro libre entre dos divisiones mínimas.

Cada una de las carátulas debe estar equipada con una aguja de arrastre de la misma longitud que la aguja indicadora, además de un mecanismo que sirve para ajustar a la referencia en cero, en caso de presentarse desviación.

La separación mínima entre dos graduaciones no debe ser menor a 1 mm para contar con la certeza y garantizar una lectura adecuada.

Las máquinas que cuenten con un sistema digital, deben estar equipadas con algún dispositivo que registre la carga máxima aplicada.



FIGURA 68
DISPOSITIVO DE LECTURA DE CARGA

VI.1.2.3 Verificación De Carga

Para verificar la precisión de la máquina de prueba debe cumplirse con los requisitos especificados en la norma mexicana NMX-CH-027-SCFI (Ver Apéndice de Referencias C.5) bajo las siguientes condiciones:

- A) La tolerancia de error permitido en la máquina para realizar la prueba de resistencia a la compresión de cilindros de concreto, debe ser como máximo de $\pm 3\%$ de la carga aplicada.
- B) La máquina debe calibrarse antes de ser puesta en operación y en forma interna cada 2000 cilindros, lo cual puede ampliarse hasta 12000 en caso de no detectarse desviaciones, además, las máquinas deben ser calibradas por un laboratorio acreditado, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización cada año como máximo o cada 40000 ensayos.
- C) Se debe verificar la precisión, inmediatamente después de que se hayan hecho reparaciones o ajustes en los mecanismos de medición, cada vez que se cambie de sitio la máquina o si por alguna razón se duda de la exactitud de los resultados, sin importar cuando se efectuó la última calibración.

VI.1.3 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra

VI.1.3.1 Dimensiones

El diámetro y la altura del espécimen se calculan promediando las medidas de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del espécimen y 2 alturas opuestas con una aproximación de 1 mm, además, es suficiente utilizar el compás de punta para la medición del diámetro (Ver Figura 69).



FIGURA 69
COMPÁS DE PUNTA PARA LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO

Cuando se presente que la altura promedio del espécimen es menor de 1.8 veces del diámetro, el resultado de la resistencia deberá corregirse por el factor de esbeltez de acuerdo a lo establecido en la Tabla 17 y los valores intermedios que no aparecen en dicha Tabla, deben calcularse por medio de interpolación, además, es importante mencionar que en ningún caso se deben ensayar especímenes con una relación diámetro - altura menor de 1.00.

TABLA 17

FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ	
Relación Altura - Diámetro del Especimen	Factor de Corrección a la Resistencia
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

VI.1.3.2 Cabeceo

Como ya se explicó, antes de realizar el ensaye (Ver Apéndice de Definiciones B.77), las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no deben apartarse de la perpendicular al eje en más de 0.5°, es decir, 3 mm en 30 cm aproximadamente y tampoco se permiten irregularidades respecto de un plano que exceda de 0.05 mm, en caso contrario, las bases deben ser cabeceadas de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma mexicana **NMX-C-109-ONNCCE-2004** (Ver Apéndice de Referencias C.5).

VI.1.4 Condiciones Ambientales

VI.1.4.1 Especímenes Húmedos

El ensaye a la compresión de los especímenes curados en húmedo, debe realizarse lo más pronto posible después de que se retiren del cuarto húmedo (Ver Apéndice de Definiciones B.70) o de la pileta y una vez que el material de cabeceo haya adquirido la resistencia requerida de acuerdo a la norma mexicana **NMX-C-109-ONNCCE-2004**.

Además es importante cuidar que durante el tiempo transcurrido entre el retiro del almacenamiento húmedo y el ensaye se debe prevenir la pérdida excesiva de humedad en los especímenes.

VI.1.4.2 Condiciones Especiales De Humedad

En el caso de contar con especímenes que fueron sometidos a una condición de curado especial, curado ambiente o curado a vapor, los especímenes se deben ensayar con la condición de humedad resultante del curado especificado, es decir, a vapor, medio ambiente, etc.

VI.1.5 Procedimientos

VI.1.5.1 Colocación De Especímenes

Debemos limpiar las superficies de las placas inferior, superior y de las cabezas del espécimen de prueba, después se coloca éste último sobre la placa inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico, mientras la placa superior se va bajando hacia el espécimen asegurándonos de que se tenga un contacto uniforme y suave.

VI.1.5.2 Velocidad De Aplicación De Carga

Es importante aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, ni pérdida de carga, además la velocidad de carga debe estar entre los 137 kPa/s y 343 kPa/s (84 kgf/cm²/min a 210 kgf/cm²/min) equivalente para un diámetro estándar de 15 cm a un rango entre los 2.4 kN/s y 6.0 kN/s (14.8 tonf/min a 37.1 tonf/min).

Es válido utilizar una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada, siempre y cuando durante la segunda mitad se mantenga la velocidad especificada, también puede utilizarse máquinas operadas tanto de forma manual como motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que sólo se harán los ajustes necesarios en los controles de la máquina de prueba para mantener uniforme la velocidad de aplicación de carga hasta que ocurra la falla.

La prueba consiste en aplicar la carga hasta que aparezca la falla de ruptura en el cilindro de concreto sometido a compresión (Ver Figura 70), registrándola correctamente en el informe de verificación de la calidad del concreto a compresión (Ver Inciso VIII.2).

Es recomendable colocar en la máquina algunos dispositivos para cumplir con los requisitos de seguridad que beneficien o ayuden a los operadores durante el ensaye.

Para la aceptación o el rechazo de los especímenes de concreto, éstos deberán ensayarse a la edad de 14 días si es que el concreto es de resistencia rápida o a los 28 días en el caso de que sea de resistencia normal con las tolerancias que se establecen en la Tabla 18, ahora, en el caso de los especímenes extraídos de concreto endurecido, se deben aplicar las edades indicadas en la norma mexicana NMX-C-169-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.5).

TABLA 18

TOLERANCIA DE ENSAYE	
Edad de Prueba	Tolerancia Permisible
24 h	± 0:30 h
3 Días	± 2 h
7 Días	± 6 h
14 Días	± 12 h
28 Días	± 24 h

En caso de que se cuente con especímenes en los cuales no se tenga una edad de prueba de las prescritas en la Tabla 18, se realizará el ensayo con las tolerancias que se tomen de común acuerdo con los interesados.

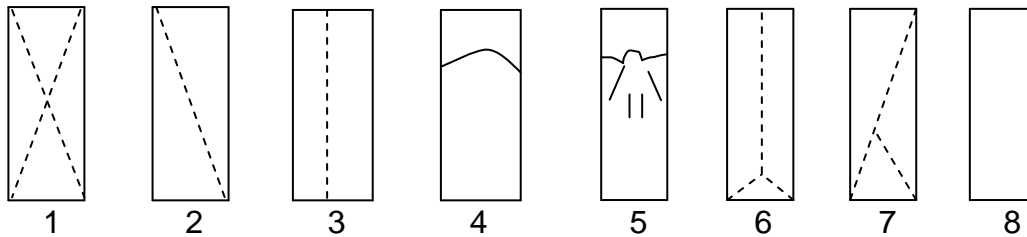


FIGURA 70
DIAGRAMA DE FALLAS DE CILINDROS SOMETIDOS A COMPRESIÓN

1. Se observa cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.
2. Se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentran en el límite de tolerancia especificada o excediendo ésta.
3. Se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y/o deficiencia del material de cabeceo, también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad de una de las placas de carga.
4. Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación cóncava y/o por deficiencias en el material de cabeceo o también por concavidad en una de las placas de carga.
5. Se observa cuando se producen concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga, por deficiencias en el material de cabeceo, rugosidades en el plato cabeceador o placas de carga.
6. Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias en el material de cabeceo, rugosidades en el plato cabeceador o placas de carga.
7. Se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen para la aplicación de la carga.
8. No se llegó a la falla.

VI.1.6 Cálculo y Expresión De Los Resultados

Debemos calcular la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba, entre el área promedio de la sección transversal determinada con el diámetro establecido como se mencionó en el Inciso VI.1.3.1, además, el resultado de la prueba se debe expresar con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm²).

VI.1.7 Informe De La Prueba

El informe de los métodos de prueba para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto debe contener como mínimo los siguientes datos:

- A) Clave de identificación del espécimen.
- B) Edad nominal del espécimen.
- C) Diámetro y altura en centímetros con aproximación a mm.
- D) Área de la sección transversal en cm² con aproximación al décimo.
- E) Masa del espécimen en kg.
- F) Carga máxima en N (kgf).
- G) Resistencia a la compresión, calculada con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm²).
- H) Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.
- I) Descripción de la falla de ruptura.

VI.2 Elaboración De Pruebas En Laboratorio (Ensaye)

VI.2.1 Laboratorio Acreditado

VI.2.1.1 Factores a Considerar

En la actualidad son un sin número de elementos estructurales con que el ingeniero civil cuenta a su disposición, para de manera optima y consiente elija cual es el más conveniente para llevar a cabo una construcción basándose en los tipos de cargas que van a resistir.

La resistencia de materiales es el estudio de las propiedades de los cuerpos sólidos que les permite resistir tanto la acción de fuerzas externas como el estudio de las fuerzas internas, además de las deformaciones ocasionadas por ellas, ya que a diferencia de la estática, la cual estudia las fuerzas que se inducen en las diferentes componentes de un sistema, analizándolo como cuerpo rígido, la resistencia de materiales se ocupa del estudio de los efectos causados por la acción de las cargas externas que actúan sobre un sistema deformable.

La resistencia de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas, ya que cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, se presentan fuerzas resistentes en las fibras del mismo a las que llamaremos fuerzas internas, es decir, es la resistencia interior de un cuerpo a una fuerza externa.

Cuando usamos el término esfuerzo, queremos decir la magnitud de la fuerza por unidad de área y es importante mencionar que los tres esfuerzos básicos son los de compresión, tensión y cortante, por lo tanto, al hablar de la resistencia de un material deberemos conocer el tipo de esfuerzo a que estará sujeto.

El ensayo universalmente reconocido para ejecutar pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple es el ensayo de cilindros de concreto, sin embargo, existen varias limitaciones especiales en el ensayo, por ejemplo, la dificultad de aplicar una carga verdaderamente concéntrica o axial.

Por ello, es de vital importancia en cualquier proyecto realizar todo tipo de pruebas y ensayos través de las cuales se determine el comportamiento de los elementos que actúan en las estructuras del campo de la ingeniería civil.

Cuando la resistencia es la base de aceptación para el concreto, deben elaborarse especímenes cilíndricos de acuerdo con la norma mexicana **NMX-C-160-ONNCCE-2004**, ya que otra forma en la cual el productor de concreto puede protegerse y demostrar que está cumpliendo con los requisitos de especificación solicitados por el cliente es contar con los resultados del ensayo realizados con dicho concreto.

En ingeniería, el ensayo a compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión, el cual se realiza preparando probetas normalizadas que se someten a compresión en una máquina universal.

Es importante mencionar que el objetivo principal del ensayo consiste en determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de una muestra de un concreto frente a una carga aplicada axialmente.

El número de muestras obtenidas de acuerdo con la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** que está en función del volumen de concreto a colar, debe coincidir con base en lo establecido en la Tabla 9, además debemos considerar para la prueba de resistencia a la compresión un mínimo de dos especímenes a la edad especificada.

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, la forma de expresarla es en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm² y con alguna frecuencia lb/pulg² (psi).

La equivalencia que hay entre los dos es que 1 psi es igual a 0.07 kg/cm², aunque actualmente se ha escogido expresarla en MPa de acuerdo con el sistema internacional de unidades.

Para aprobar con un nivel de confianza aceptable con los requisitos de resistencia indicados en la presente norma mexicana debemos cumplir con los siguientes puntos:

- De inicio la resistencia a la compresión para elementos estructurales debe ser igual o mayor a 19.6 MPa, es decir, 200 kgf/cm², a menos que de común acuerdo se establezca otra entre el cliente, el estructurista y el productor.

En el caso particular de este trabajo de **Tesis**, el promedio de resistencias de un conjunto de tres cilindros hechos de la misma muestra de concreto y probados a 28 días constituye una prueba.

Los cilindros son moldeados a partir de una muestra de concreto fresco, curados en condiciones estándares y probados a una edad particular, según se indique en las especificaciones, ya que por lo general el concreto debe alcanzar la resistencia a la compresión usualmente a la edad de 28 días, a menos que se igual forma se establezca otra edad convenida, por lo que la resistencia se acepta si cumple con lo siguiente:

- Que ninguna prueba individual sea menor que la resistencia especificada en más de 35 kg/cm².

- Que no más del 10% del número total de cilindros probados a compresión, tengan valores inferiores a la resistencia especificada de proyecto f'_c , es importante mencionar que se requiere un mínimo de 30 pruebas.
- Que no más del 1% del promedio de 3 pruebas consecutivas sea inferiores a la resistencia especificada, también se requieren mínimo 30 ensayos.

Si un promedio de tres pruebas consecutivas cae por debajo de la resistencia especificada y si una sola prueba individual cae en más de 35 kg/cm² por debajo de la resistencia especificada, debe hacerse una investigación para asegurar la eficiencia estructural de esa parte de la estructura.

Es importante mencionar que los cilindros usados para la aceptación o el rechazo del concreto no deben ser confundidos con los cilindros curados en sitio, los cuales se elaboran para verificar la resistencia a edad temprana en la estructura, con el fin de retirar las cimbras y continuar con las actividades de construcción.

Existen dos razones principales por las cuales es probable que resulte baja la prueba de resistencia a la compresión:

- Muestreo, elaboración, impacto durante la transportación, curado y cabeceo inapropiado, además de un cuidado insuficiente al ensayar los cilindros, ya que se ha determinado que esto contribuye en la mayoría de los casos a resultados con baja resistencia.
- Resistencia del concreto disminuida debido a un error en la producción o por agregar demasiada agua al concreto en la obra debido a retrasos en el colado o a exigencias de curado húmedo, además el alto contenido de aire también puede ser una causa de la baja resistencia.

Los procedimientos de la prueba para determinar la resistencia a la compresión deben llevarse a cabo de acuerdo con los estándares de la presente norma mexicana, ya que todas las deficiencias en los cilindros reducirán la resistencia.

En el caso de que existan resultados de pruebas con baja resistencia a la compresión, debemos reunir todos los reportes de pruebas ensayados y analizar los resultados antes de tomar una decisión, por ejemplo, verificar los patrones en los resultados de resistencia como:

- La secuencia realmente viola el cumplimiento con la especificación.
- Los reportes de pruebas dan alguna indicación sobre la causa.

- El rango de resistencia de dos o tres cilindros preparados a partir de la misma muestra raramente debe exceder 8.0% o 9.5% del promedio respectivamente.

Es importante verificar el revenimiento, el contenido de aire, la temperatura del concreto y la ambiental, el número de días en que los cilindros fueron dejados en sitio, los procedimientos utilizados para el curado inicial en campo y el curado subsecuente en el laboratorio, así como cualquier defecto de los cilindros reportado.

En caso que el concreto no cumpla con los requisitos de resistencia, el Corresponsable en Seguridad Estructural (CSE) o el Director Responsable de Obra (DRO) en el caso de que no se requiera Corresponsable, tomará las medidas necesarias con el fin de garantizar la seguridad de la estructura.

Estas medidas están basadas principalmente en factores de juicio que deben considerar, por ejemplo, el tipo de elemento que no alcanzó la resistencia, el monto económico del déficit y el número de grupos o muestras que no cumplieron, para posteriormente revisar el proyecto estructural con el objetivo de considerar si la resistencia que se obtuvo es la suficiente.

En caso de que subsista la duda acerca de la seguridad de la estructura se recomienda extraer y ensayar corazones de concreto en la zona representada por los cilindros que no cumplieron con base en la norma mexicana NMX-C-169-ONNCCE, por lo que debemos probar tres corazones por cada incumplimiento con la calidad especificada.

Es relevante mencionar que es responsabilidad tanto del jefe de laboratorio como del coordinador de área supervisar que los ensayos se desarrollen siguiendo lo descrito en la presente norma mexicana y es responsabilidad del laboratorista ensayar los cilindros de concreto correctamente, así como registrar la información obtenida de los ensayos en el formato de programación de ensayos a la compresión de cilindros de concreto (Ver Inciso VI.3).

El laboratorio debe asumir la responsabilidad por las deficiencias en el procedimiento, ya que es esencial el empleo tanto de técnicos de pruebas en sitio como personal certificado en el laboratorio, además, es importante que los trabajadores de la construcción que no tengan experiencia en las pruebas de concreto no elaboren y manejen los cilindros.

VI.2.1.2 Determinación De La Resistencia a La Compresión De Cilindros De Concreto - Método De Prueba

Como ya se ha explicado, el objetivo y campo de aplicación de la norma mexicana **NMX-C-083-ONNCCE-2002**, es establecer los métodos de prueba para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto que tengan una masa volumétrica mayor a 900 kg/m³.

Sabemos que al concreto se le puede realizar pruebas para determinar su resistencia tanto de flexión como de compresión, por ello la presente norma mexicana respalda que el método es aplicable para realizar este trabajo de **Tesis**, ya que los especímenes elaborados con el concreto muestreado durante el colado de la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos" fueron moldes cilíndricos con una relación altura - diámetro de 2:1 con el fin de determinar la resistencia.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, es importante mencionar que no fue necesario corregir el resultado obtenido de la resistencia mediante el factor de esbeltez, debido a que la relación altura - diámetro de todos los moldes cilíndricos fue de 2.0 (Ver Tabla 17).

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, el equipo que se utilizó para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de concreto fue el siguiente:

- A) Una máquina de prueba universal calibrada y nivelada, con la superficie de contacto endurecida, plana, limpia y lubricada, con la suficiente capacidad de carga, varias velocidades de aplicación y con el espacio adecuado para los cilindros, además de estar equipada con dos bloques de acero, es decir, uno con asiento esférico y el otro rígido.
- B) Un bloque de apoyo inferior que cumplió con el espesor mínimo requerido independientemente de cualquier rectificación.
- C) Un bloque superior de carga con asiento esférico cuyo diámetro no excedía al permisible.
- D) Un dispositivo de lectura de carga digital, el cual tiene la capacidad de registrar la carga máxima aplicada.
- E) El equipo básico de seguridad como guantes y lentes.

Es importante mencionar que todos los cilindros ensayados cumplieron con las tolerancias indicadas en la Tabla 18, ya que tanto el proceso de cabeceo como el de ensaye se realizó con base en las fechas indicadas en los formatos correspondientes (Ver Incisos V.3 y VI.3).

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, antes de realizar el ensaye, las bases de todos los especímenes cilíndricos de concreto deben cumplir con los requisitos del proceso cabeceo establecidos en la norma mexicana **NMX-C-109-ONNCCE-2004**, por lo que una vez que el mortero de azufre adquirió la resistencia adecuada procedimos a iniciar con la prueba de resistencia a la compresión.

Una vez asegurándonos que los especímenes estuvieran listos, el primer paso antes de realizar cada uno de los ensayos fue verificar que las placas de la máquina de ensaye, es decir, tanto la inferior como la superior cumplieran con las condiciones de limpieza, ya que en algunas ocasiones dependiendo del tipo de falla que se presenta en el ensaye del cilindro anterior, es probable que exista desprendimiento tanto de mortero de azufre como del mismo concreto endurecido, por último, es importante que los extremos de los cilindros cabeceados también se encuentren perfectamente limpios, libres de cualquier materia que pueda ser la causa de una carga no uniforme.

El siguiente paso fue colocar el cilindro bien centrado sobre la placa inferior, verificando que no exista ningún inconveniente para alinear su eje longitudinal respecto al eje geométrico de la placa superior de carga (Ver Figura 71).



FIGURA 71
COLOCACIÓN Y CENTRADO DE CILINDRO PARA ENSAYE

Es importante restablecer la lectura anterior registrada por el dispositivo de lectura de carga, con el fin de contar con la seguridad de que la nueva lectura que se va a tomar sea la correspondiente al cilindro por ensayar.

Posteriormente debemos activar el controlador de la máquina de prueba en la posición No. 4, con el objetivo de acercar la placa superior hasta la superficie de carga del espécimen, es decir, al tope superior del cilindro cabeceado de forma que tenga un contacto adecuado sin producir impacto (Ver Figura 72).

Es importante verificar durante el proceso en el cual la platina está bajando que en el dispositivo de lectura no se registre ningún tipo de carga, ya que ésta será nuestra referencia para asegurarnos que la platina ha llegado al lugar deseado para continuar con la prueba de resistencia a la compresión.



FIGURA 72
POSICIÓN No. 4 - ASENTAMIENTO DE PLATINA EN EL CILINDRO

Inmediatamente debemos colocar los seguros de la máquina de ensaye, es decir, “encerrar” el cilindro con el fin de evitar un accidente en caso de que se presente una falla de colapso, el cual provocará la salida a presión tanto de residuos de concreto endurecido como de mortero de azufre hacia el exterior.

Ya con la platina bien asentada sobre el extremo superior del cilindro, es hora de activar el controlador de la máquina de prueba pero ahora en la posición No. 3, con el fin de que la placa superior aplique la carga de forma continua y con velocidad uniforme sobre el cilindro de concreto sin producir impacto, ni pérdida de carga hasta que el dispositivo de lectura nos indique que ha llegado a la carga máxima resistente (Ver Figura 73).



FIGURA 73
POSICIÓN No. 3 - APLICACIÓN CONSTANTE DE CARGA

Inmediatamente después de que el dispositivo de lectura nos haya indicado la magnitud de la carga máxima debemos liberar la presión de la platina, esto lo conseguimos modificando el controlador de la máquina de prueba colocándolo en la posición No. 1 (Ver Figura 74) con el fin de regresar la platina a su posición de origen y así prepararla para el siguiente ensaye.

La carga máxima debe ser registrada en el formato de programación de ensayos a la compresión de cilindros de concreto (Ver Inciso VI.3), para posteriormente poder calcular la resistencia a la compresión o el esfuerzo resistente expresado en kgf/cm^2 , el cual se obtiene dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen entre el área promedio de la sección transversal del mismo determinada anteriormente.

Es importante recordar que por disposiciones de la presente norma mexicana debemos tronar, es decir, llevar al colapso total al menos 1 de cada 10 cilindros con el fin de observar el patrón de ruptura de falla que se presente generado por la compresión con base en la información indicada en la Figura 70.

Para finalizar y con el objetivo de preparar el siguiente ensaye, debemos retirar el cilindro probado, tomando en cuenta todas las medidas precautorias para evitar algún inconveniente, además, es importante mencionar que este procedimiento se repite para todos los cilindros que fueron ensayados en el laboratorio.



FIGURA 74
POSICIÓN No. 1 - LIBERACIÓN DE CARGA

VI.2.2 Laboratorio No Acreditado

VI.2.2.1 Detalles a Considerar

Esta investigación está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la industria de la construcción, sin embargo, en este caso en particular, así como en el capítulo anterior en donde evaluamos la prueba para realizar el cabeceo de los especímenes cilíndricos, no pudimos verificar físicamente los detalles positivos o negativos derivados de realizar esta prueba, ya que como hemos mencionado este trabajo de **Tesis** está basado en un proyecto real y, por lo tanto, en el modelo de cómo se realizan las pruebas en la obra por parte de ambos laboratorios.

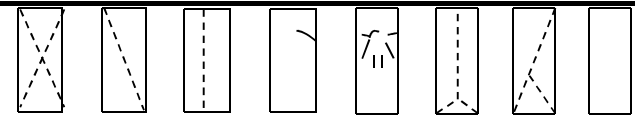
De acuerdo a lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta que cualquier desviación respecto a los procedimientos que no están de acuerdo con los estándares establecidos en la presente norma mexicana dará como resultado una resistencia más baja, mencionaré algunos puntos en donde considero que el factor error puede aparecer:

- Que la prueba para determinar la resistencia a la compresión por ningún motivo inicie antes de que el mortero de azufre haya alcanzado la resistencia indicada en la norma mexicana **MMX-C-109-ONNCCE-2004**.
- Que la máquina de prueba se encuentre perfectamente calibrada con base en los requisitos indicados en el Inciso VI.1.2.3, ya que es de suma importancia que se cumpla con este procedimiento.
- Verificar que realmente se cumplan con las condiciones de limpieza antes del ensaye del cilindro con el fin de evitar una carga no uniforme y por lo tanto concentraciones de esfuerzo que afectarán su resistencia.
- Asegurar que el cilindro entre perfectamente entre la platina y la base inferior, es decir, no a presión ya que esto puede dañar alguna de las capas de cabeceo.
- Que el cilindro se encuentre perfectamente centrado antes de que la platina toque el extremo superior.
- Que la platina se asiente con la velocidad adecuada, es decir, que no produzca impacto, así como que la velocidad de carga sea la correcta.
- Que se haya restablecido el dispositivo de lectura de carga antes de iniciar con un nuevo ensaye, con el fin de evitar una confusión en los datos registrados.
- Que el técnico de laboratorio cuente con la capacidad adecuada, así como con el buen conocimiento de la presente norma mexicana para calcular de forma correcta la resistencia a la compresión.

VI.3 PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 1	1 -- 1	7	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	29.9	29.95	11.800	32.020	179.99
Xico - 1	2 -- 1	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.5	30.4	30.45	12.300	32.680	182.49
Xico - 2	1 -- 2	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.0	30.15	12.400	32.480	182.58
Xico - 2	2 -- 2	7	21	63	15.0	14.9	14.95	29.9	30.0	29.95	11.900	31.740	180.82
Promedio					15.05	15.03	15.04	30.18	30.08	30.13	12.100	32.230	181.47

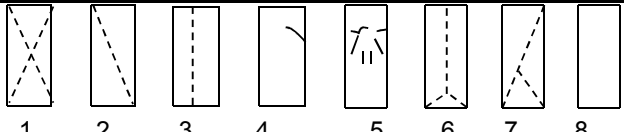
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 3	1 -- 3	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.2	30.1	30.15	12.400	32.960	185.28
Xico - 3	2 -- 3	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.0	29.95	11.800	32.060	179.03
Xico - 4	1 -- 4	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.3	30.30	12.300	32.520	182.80
Xico - 4	2 -- 4	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.0	29.9	29.95	11.800	31.700	180.59
Promedio					15.05	15.03	15.04	30.10	30.08	30.09	12.075	32.310	181.92

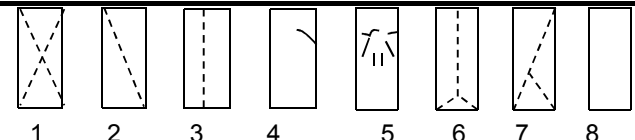
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 5	1 -- 5	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	12.100	32.440	181.15
Xico - 5	2 -- 5	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	12.100	32.200	179.81
Xico - 6	1 -- 6	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.1	30.00	11.700	32.140	179.47
Xico - 6	2 -- 6	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.3	29.9	30.10	11.900	32.200	179.81
Promedio					15.10	15.10	15.10	30.05	30.00	30.03	11.950	32.245	180.06

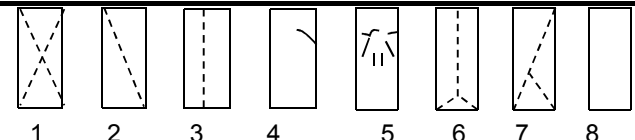
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 7	1 -- 7	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.1	30.10	11.900	32.200	179.81
Xico - 7	2 -- 7	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	12.100	31.680	176.91
Xico - 8	1 -- 8	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.3	30.2	30.25	12.200	31.620	180.13
Xico - 8	2 -- 8	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.3	30.2	30.25	11.800	31.680	179.27
Promedio					15.03	15.05	15.04	30.18	30.13	30.15	12.000	31.795	179.03

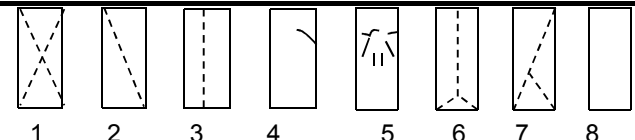
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 9	1 -- 9	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	11.900	32.380	180.81
Xico - 9	2 -- 9	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.1	30.05	12.300	30.940	175.08
Xico - 10	1 -- 10	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.2	30.15	12.500	32.520	181.60
Xico - 10	2 -- 10	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.2	30.1	30.15	11.900	31.620	178.93
Promedio					15.05	15.05	15.05	30.08	30.10	30.09	12.150	31.865	179.11

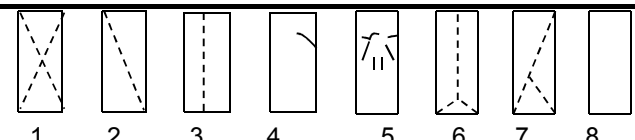
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 11	1 -- 11	7	21	63	14.9	14.9	14.90	29.9	30.0	29.95	12.500	32.000	183.52
Xico - 11	2 -- 11	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.0	30.0	30.00	12.000	31.860	179.09
Xico - 12	1 -- 12	7	21	63	15.0	15.0	15.00	29.9	30.1	30.00	12.000	31.780	179.84
Xico - 12	2 -- 12	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.0	30.00	11.900	31.980	180.97
Promedio					15.00	14.98	14.99	29.95	30.03	29.99	12.100	31.905	180.86

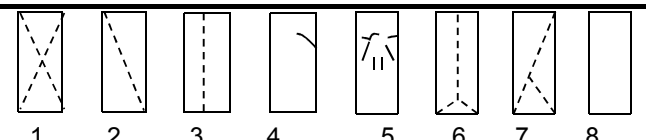
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 13	1 -- 13	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.1	30.05	12.500	31.090	175.93
Xico - 13	2 -- 13	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.3	29.9	30.10	12.000	32.570	181.88
Xico - 14	1 -- 14	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.1	30.00	12.300	32.100	179.25
Xico - 14	2 -- 14	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.2	30.15	11.800	32.780	183.05
Promedio					15.08	15.08	15.08	30.08	30.08	30.08	12.150	32.135	180.03

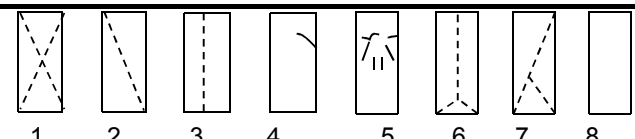
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 15	1 -- 15	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	12.500	31.880	178.02
Xico - 15	2 -- 15	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.0	30.15	12.400	32.760	184.15
Xico - 16	1 -- 16	7	21	63	15.0	14.9	14.95	29.9	30.0	29.95	11.900	32.370	184.40
Xico - 16	2 -- 16	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.5	30.4	30.45	12.200	31.410	175.40
Promedio					15.08	15.03	15.05	30.18	30.10	30.14	12.250	32.105	180.49

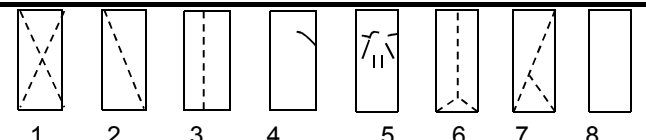
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 17	1 -- 17	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.2	30.1	30.15	12.100	32.870	186.01
Xico - 17	2 -- 17	7	21	63	15.1	15.1	15.10	29.9	30.0	29.95	12.400	31.930	178.30
Xico - 18	1 -- 18	7	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	29.9	29.95	12.300	32.740	184.04
Xico - 18	2 -- 18	7	21	63	15.0	15.0	15.00	30.3	30.2	30.25	11.800	31.370	177.52
Promedio					15.03	15.05	15.04	30.10	30.05	30.08	12.150	32.228	181.47

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 19	1 -- 19	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.1	30.1	30.10	12.500	32.910	183.77
Xico - 19	2 -- 19	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	12.000	31.850	177.85
Xico - 20	1 -- 20	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.2	30.1	30.15	12.300	32.070	180.28
Xico - 20	2 -- 20	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.0	29.9	29.95	12.200	31.500	179.45
Promedio					15.05	15.05	15.05	30.08	30.03	30.05	12.250	32.083	180.34

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicoteppec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	09 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 21	1 -- 21	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	12.100	32.920	183.83
Xico - 21	2 -- 21	7	21	63	15.1	15.0	15.05	30.3	30.3	30.30	12.400	31.860	179.09
Xico - 22	1 -- 22	7	21	63	15.1	15.1	15.10	30.0	30.0	30.00	11.900	31.590	176.40
Xico - 22	2 -- 22	7	21	63	14.9	15.0	14.95	30.3	30.2	30.25	12.200	32.810	186.91
Promedio					15.05	15.05	15.05	30.15	30.13	30.14	12.150	32.295	181.56

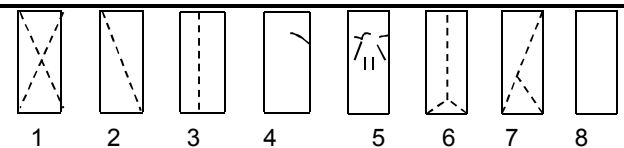
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 1	3 -- 1	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.0	30.1	30.05	12.500	43.650	250.34
Xico - 1	4 -- 1	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.4	30.5	30.45	12.400	44.960	254.42
Xico - 1	5 -- 1	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.0	29.9	29.95	11.900	44.180	251.68
Xico - 2	3 -- 2	28	21	63	14.5	14.6	14.55	29.8	31.0	30.40	12.000	42.110	253.26
Xico - 2	4 -- 2	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.6	30.55	12.100	44.530	251.99
Xico - 2	5 -- 2	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.1	30.1	30.10	12.300	43.920	250.20
Promedio					14.88	14.90	14.89	30.13	30.37	30.25	12.200	43.892	251.98

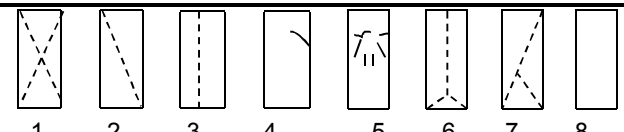
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 3	3 -- 3	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.0	30.2	30.10	11.900	44.740	254.87
Xico - 3	4 -- 3	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.4	30.4	30.40	12.500	45.270	256.18
Xico - 3	5 -- 3	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.4	30.5	30.45	12.100	44.090	251.17
Xico - 4	3 -- 4	28	21	63	14.7	14.8	14.75	30.2	29.9	30.05	11.700	43.280	253.29
Xico - 4	4 -- 4	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.5	30.4	30.45	12.000	42.340	254.64
Xico - 4	5 -- 4	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.6	30.7	30.65	12.300	44.210	253.55
Promedio					14.82	14.88	14.85	30.35	30.35	30.35	12.083	43.988	253.95

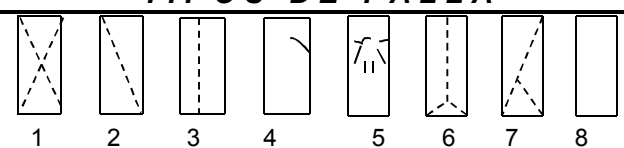
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 5	3 -- 5	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.0	30.1	30.05	12.000	43.760	250.97
Xico - 5	4 -- 5	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.4	30.4	30.40	12.200	44.240	252.02
Xico - 5	5 -- 5	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	29.9	29.95	11.800	44.590	252.33
Xico - 6	3 -- 6	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.6	30.7	30.65	12.400	43.950	250.37
Xico - 6	4 -- 6	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.5	30.6	30.55	11.900	41.850	251.70
Xico - 6	5 -- 6	28	21	63	14.7	14.8	14.75	30.1	30.1	30.10	12.300	42.800	250.48
Promedio					14.83	14.87	14.85	30.27	30.30	30.28	12.100	43.532	251.31

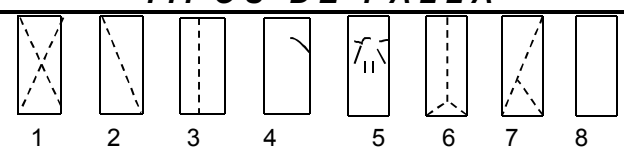
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 7	3 -- 7	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.7	30.60	12.300	44.780	253.40
Xico - 7	4 -- 7	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.4	30.5	30.45	12.500	44.310	252.42
Xico - 7	5 -- 7	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.0	30.2	30.10	11.900	41.750	251.10
Xico - 8	3 -- 8	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.4	30.45	12.300	44.220	250.23
Xico - 8	4 -- 8	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.1	30.1	30.10	11.800	43.680	250.51
Xico - 8	5 -- 8	28	21	63	14.7	14.8	14.75	30.6	30.7	30.65	12.400	42.790	250.42
Promedio					14.83	14.88	14.86	30.35	30.43	30.39	12.200	43.588	251.35

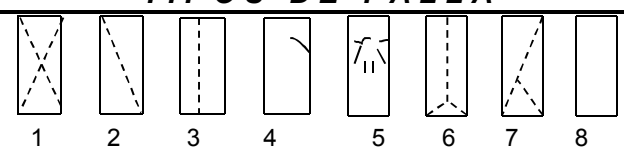
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 9	3 -- 9	28	21	63	14.8	14.9	14.85	30.0	30.0	30.00	11.900	43.760	252.66
Xico - 9	4 -- 9	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.5	30.6	30.55	12.500	45.110	255.27
Xico - 9	5 -- 9	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.0	29.9	29.95	12.300	41.920	252.12
Xico - 10	3 -- 10	28	21	63	14.9	15.0	14.95	29.8	31.0	30.40	11.800	44.010	250.71
Xico - 10	4 -- 10	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.4	30.5	30.45	12.000	43.970	250.49
Xico - 10	5 -- 10	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.2	29.9	30.05	12.100	43.750	250.91
Promedio					14.85	14.88	14.87	30.15	30.32	30.23	12.100	43.753	252.03

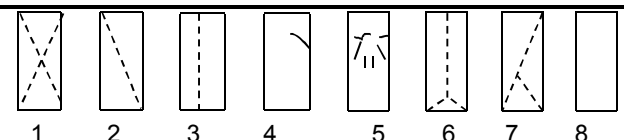
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 11	3 -- 11	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.4	30.5	30.45	12.400	44.720	253.06
Xico - 11	4 -- 11	28	21	63	14.5	14.6	14.55	30.4	30.4	30.40	12.000	42.060	252.96
Xico - 11	5 -- 11	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.0	29.9	29.95	12.200	43.950	250.37
Xico - 12	3 -- 12	28	21	63	14.9	15.0	14.95	29.8	31.0	30.40	11.900	44.320	252.48
Xico - 12	4 -- 12	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.2	30.10	12.500	44.500	251.82
Xico - 12	5 -- 12	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.1	30.1	30.10	11.800	44.030	250.83
Promedio					14.90	14.90	14.90	30.12	30.35	30.23	12.133	43.930	251.92

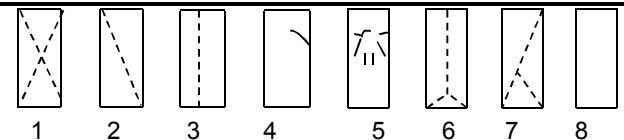
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 13	3 -- 13	28	21	63	14.8	15.0	14.90	30.0	29.9	29.95	12.500	43.800	251.20
Xico - 13	4 -- 13	28	21	63	15.0	14.9	14.95	29.9	30.3	30.10	12.000	44.270	252.20
Xico - 13	5 -- 13	28	21	63	14.6	14.8	14.70	30.2	29.9	30.05	12.300	42.500	250.42
Xico - 14	3 -- 14	28	21	63	15.0	14.8	14.90	30.4	30.1	30.25	11.800	44.700	256.36
Xico - 14	4 -- 14	28	21	63	14.5	15.0	14.75	30.0	30.2	30.10	12.100	42.950	251.36
Xico - 14	5 -- 14	28	21	63	14.9	14.9	14.90	30.1	30.0	30.05	12.400	43.800	251.20
Promedio					14.80	14.90	14.85	30.10	30.07	30.08	12.183	43.670	252.12

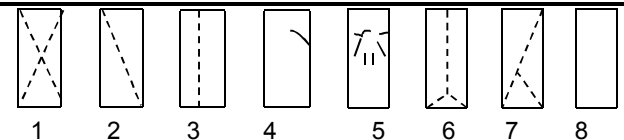
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 15	3 -- 15	28	21	63	14.7	14.9	14.80	30.1	30.0	30.05	12.300	43.330	251.87
Xico - 15	4 -- 15	28	21	63	15.1	14.8	14.95	30.4	30.2	30.30	12.400	44.480	253.39
Xico - 15	5 -- 15	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	29.9	29.95	11.900	44.340	250.91
Xico - 16	3 -- 16	28	21	63	14.8	14.7	14.75	29.9	30.0	29.95	12.200	43.140	252.47
Xico - 16	4 -- 16	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.2	30.4	30.30	12.500	44.230	251.97
Xico - 16	5 -- 16	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	30.1	30.05	12.000	45.080	253.41
Promedio					14.92	14.92	14.92	30.10	30.10	30.10	12.217	44.100	252.34

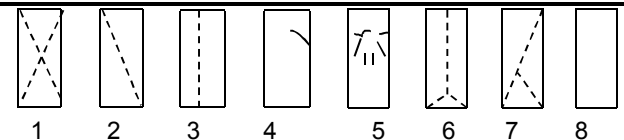
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 17	3 -- 17	28	21	63	14.8	15.0	14.90	30.0	30.2	30.10	11.900	44.040	252.57
Xico - 17	4 -- 17	28	21	63	15.0	14.8	14.90	29.9	30.0	29.95	12.200	43.800	251.20
Xico - 17	5 -- 17	28	21	63	14.9	15.0	14.95	30.1	30.0	30.05	12.300	44.070	251.06
Xico - 18	3 -- 18	28	21	63	14.7	14.9	14.80	30.2	30.0	30.10	11.800	43.690	253.96
Xico - 18	4 -- 18	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	29.9	29.95	12.100	44.660	252.72
Xico - 18	5 -- 18	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	30.4	30.20	12.400	45.080	253.41
Promedio					14.90	14.97	14.93	30.03	30.08	30.06	12.117	44.223	252.49

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 19	3 -- 19	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.0	30.0	30.00	12.300	44.150	251.51
Xico - 19	4 -- 19	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.1	30.0	30.05	11.800	45.180	253.97
Xico - 19	5 -- 19	28	21	63	15.0	15.0	15.00	30.0	30.2	30.10	12.000	44.710	253.01
Xico - 20	3 -- 20	28	21	63	14.9	14.8	14.85	29.9	30.1	30.00	12.200	43.590	251.68
Xico - 20	4 -- 20	28	21	63	14.6	14.7	14.65	30.3	30.1	30.20	12.500	42.840	254.15
Xico - 20	5 -- 20	28	21	63	14.8	15.0	14.90	30.0	29.9	29.95	11.900	43.640	250.28
Promedio					14.88	14.92	14.90	30.05	30.05	30.05	12.117	44.018	252.43

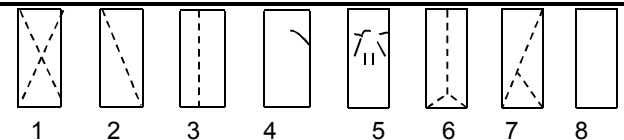
TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

PROGRAMACIÓN DE ENSAYES A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE CONCRETO

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia $f'c$ =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	30 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Matutino	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Muestra No.	Espécimen No.	Edad (Días)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Diámetro			Altura			Masa (kg)	Carga (kgf)	σ (kgf/cm ²)
					D1 (cm)	D2 (cm)	Prom (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Prom (cm)			
Xico - 21	3 -- 21	28	21	63	14.9	15.1	15.00	30.0	29.9	29.95	11.900	44.490	251.76
Xico - 21	4 -- 21	28	21	63	15.0	14.9	14.95	30.2	30.1	30.15	12.200	43.890	250.03
Xico - 21	5 -- 21	28	21	63	15.0	14.8	14.90	30.0	30.2	30.10	12.500	43.810	251.25
Xico - 22	3 -- 22	28	21	63	14.9	14.7	14.80	30.1	30.0	30.05	11.800	43.290	251.64
Xico - 22	4 -- 22	28	21	63	15.0	15.1	15.05	30.0	30.2	30.10	12.100	45.270	254.48
Xico - 22	5 -- 22	28	21	63	14.7	14.9	14.80	30.2	30.3	30.25	12.400	43.200	251.11
Promedio					14.92	14.92	14.92	30.08	30.12	30.10	12.150	43.992	251.71

TIPOS DE FALLA	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
 1 2 3 4 5 6 7 8		NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

CAPÍTULO VII: 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”

Otro conjunto de pruebas importantes que sirven como herramienta para controlar la calidad del concreto suministrado en obra respecto a la requerida por el proyecto es la de calcular la masa unitaria, el rendimiento y el contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.

¿Qué es la masa unitaria? (Ver Apéndice de Definiciones *B.119*)

Es la cantidad de materia contenida en un metro cúbico de concreto fresco expresada en kg/m³, la cual está en función del tipo de materiales empleados y del diseño de la mezcla, es decir, dependiendo del concreto requerido por el proyecto, éste se diseñará con una proporción determinada, la cuál dará como resultado una masa unitaria específica y en el caso de que ésta llegara a presentar alguna variación, nos estará indicando que existe un cambio en uno o en más de los requisitos de desempeño del concreto solicitado.

¿Qué es el rendimiento? (Ver Apéndice de Definiciones *B.157*)

Es el volumen de concreto fresco que se produce por una cantidad específica de ingredientes, por ejemplo, una masa volumétrica más baja que las proporciones de la mezcla establecidas, indicará un “sobre - rendimiento”, es decir, que el contenido de cemento requerido para un metro cúbico disminuye para producir un volumen mayor de concreto, por lo que es de esperarse una reducción respecto a la resistencia requerida por el proyecto.

¿Qué es el contenido de aire? (Ver Apéndice de Definiciones *B.61*)

Es el volumen de aire que está dentro de la pasta de concreto, excluyendo el espacio de los poros en las partículas del agregado y que es expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla. Cuando la reducción en la masa unitaria del concreto se debe a un incremento de aire en el contenido, posiblemente el concreto será más resistente a la congelación y al deshielo, pero las cualidades de resistencia a la compresión, a la abrasión, al ataque de químicos, a la contracción y al agrietamiento se verán afectadas.

Por todas las razones antes mencionadas, en este séptimo capítulo, nos enfocaremos al procedimiento para determinar la masa unitaria, el cálculo del rendimiento y el contenido de aire en el concreto fresco por el método gravimétrico, conociendo el procedimiento completo para realizar la prueba, el objetivo y campo de aplicación, la definición de masa unitaria, rendimiento y contenido de aire, el equipo necesario, el material auxiliar, la preparación y el acondicionamiento de la muestra, las condiciones ambientales, el cálculo y la expresión de los resultados, el informe de la prueba, entre otros y además, determinar los factores mas importantes para su correcta realización.

VII.1 Metodología Para Realizar La Prueba

VII.1.1 Objetivo y Campo De Aplicación

NMX-C-162-ONNCCE-2000: La presente norma mexicana establece el procedimiento para determinar la masa unitaria, el cálculo del rendimiento y el contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico. La prueba no es aplicable en concretos secos o de bajo revenimiento, por ejemplo, los que se utilizan en la fabricación de elementos precolados.

Para obtener resultados confiables en esta prueba debemos de reportar de la siguiente forma:

- A) La masa unitaria con una precisión de 0.01 kg/m³.
- B) El rendimiento con una precisión de 0.01 de m³.
- C) El contenido de aire en el concreto fresco con una precisión de 0.1%.

Esta norma mexicana no es equivalente con ninguna otra a nivel internacional, debido a que no existía referencia alguna al momento de su elaboración.

La presente norma mexicana cancela a la NMX-C-162-1985 y entra en vigor a los sesenta días siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del día 18 de Agosto de 2000 por parte de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).

También es importante mencionar que esta norma mexicana se complementa con la respectiva información vigente incluida tanto en el Apéndice de Referencias C.6 como en el Apéndice Bibliográfico D.6.

VII.1.2 Equipo, Aparatos e Instrumentos (Ver Figura 75)

VII.1.2.1 Aparatos

- Balanza o Báscula

La báscula debe contar con una precisión de 0.1% respecto a la carga de prueba dentro del rango de uso. El rango de uso comprende desde la masa del recipiente vacío hasta la masa del mismo más su contenido de concreto.

- Vibrador Interno

Puede ser de flecha flexible o rígida, accionada de preferencia por medio de un motor eléctrico, además, la frecuencia de operación debe ser por lo menos de 7000 vibraciones por minuto, el diámetro exterior del cabezal de 3 cm con una tolerancia de ± 1 cm y la longitud mínima (cabezal y flecha) de 60 cm.

VII.1.2.2 Instrumentos

- Instrumentos Auxiliares

Además de todo el equipo ya mencionado, será necesario los siguientes instrumentos auxiliares: una pipeta o pizeta y una cuchara de albañil.

- Mazo o Martillo

El mazo debe ser de neopreno o estar forrado de cuero con un peso entre los 0.4 y 0.8 kg para recipientes con una capacidad de hasta 14 l y para recipientes con una capacidad mayor, el peso deberá estar entre los 0.8 y 1.2 kg como se indica en la Tabla 19.

TABLA 19

CAPACIDAD MÍNIMA DEL RECIPIENTE		
Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (mm)	Capacidad del Recipiente (l)	Peso del Martillo o Mazo (kg)
25	5	0.5
38	10	0.5
50	14	0.5
75	28	1.0

- Placa Enrasadora

La placa enrasadora debe ser una placa rectangular, plana, en caso de que sea de metal debe tener como mínimo 6 mm de espesor o 12 mm en caso de que sea de vidrio o acrílico, su longitud y ancho deben ser mínimo de 15 cm mayor que el diámetro del recipiente con el cual se use, además, los cantos de la placa deben ser lisos y rectos, aceptando una tolerancia de ± 1 cm.

- Placa

La placa debe ser de un material acrílico o de vidrio, con un espesor mínimo de 6 mm y 5 cm mayor que el diámetro del recipiente que se va a calibrar.

- Recipiente o Unidad De Medición

Debemos emplear un recipiente cilíndrico de metal, no atacable por la pasta de cemento, estanco y lo suficiente rígido con el fin de que conserve su forma y volumen calibrado bajo el uso rudo, además, debe ser maquinado en tal forma que conserve las medidas precisas en su parte interior y de preferencia que cuente con dos manijas.

El borde superior del recipiente se puede considerar plano al no poder insertar un calibrador de 0.5 mm entre el borde y una placa de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor colocada encima de dicho borde, además, su capacidad debe de estar de acuerdo a lo indicado en la Tabla 19, es importante mencionar que en la capacidad calibrada del recipiente se acepta una tolerancia de $\pm 5\%$ respecto a su capacidad nominal.

Las dimensiones del recipiente estarán de acuerdo a lo establecido en la Tabla 20, además, los requisitos antes mencionados no son aplicables a los recipientes utilizados para medir el contenido de aire por el método de presión establecido en la norma mexicana NMX-C-157-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.6).

TABLA 20

CAPACIDAD Y DIMENSIONES DEL RECIPIENTE		
Capacidad del Recipiente (l)	Diámetro Interior (mm)	Altura Interior (mm)
5	170 \pm 2	220 \pm 2
10	205 \pm 2	305 \pm 2
14	245 \pm 2	317 \pm 2
28	347 \pm 2	398 \pm 2

- Recipiente Maquinado

Puede tener redondeada la intersección del fondo con las paredes, con un radio máximo de 1 cm, además, debemos emplear recipientes de forma cilíndrica, de tal forma que el diámetro del fondo puede ser un 10% menor que el diámetro de la parte superior.

- Termómetro

Para determinar la temperatura, debemos contar con un termómetro que tenga una precisión de 1 °C.

- Varilla De Compactación

Se necesita una barra de acero de sección circular, lisa, recta, de 5/8" de diámetro (16 mm aproximadamente) y 60 cm de longitud, con uno de los extremos de forma semiesférica y que cumpla con las tolerancias establecidas en la norma mexicana **NMX-C-156-1997-ONNCCE** (Ver Apéndice de Referencias C.6).

VII.1.3 Materiales Auxiliares

Además del equipo ya mencionado, será necesario el siguiente material auxiliar: una estopa o franela, agua potable o destilada y grasa de bomba o de chasis, es decir, grasa gruesa.



FIGURA 75
EQUIPO PARA DETERMINAR LA MASA UNITARIA

VII.1.4 Preparación y Acondicionamiento De La Muestra

La muestra se obtiene de acuerdo al procedimiento establecido en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** (Ver Apéndice de Referencias C.6) y una vez obtenida la muestra (Ver Apéndice de Definiciones B.133) se coloca en el recipiente y se compacta.

En recipientes que tengan una capacidad menor de 10 l, la muestra se compacta por medio de una varilla con el fin de evitar la pérdida excesiva de aire incluido, ahora, en recipientes cuya capacidad es mayor, el método de consolidación podrá ser por varillado o por vibración interna, la elección de lo anterior depende principalmente del revenimiento (Ver Apéndice de Definiciones B.168) de la mezcla, a menos que se indique lo contrario en las especificaciones del proyecto y se establezca un método determinado.

Para obtener resultados confiables en la compactación (Ver Apéndice de Definiciones B.35), se recomienda cumplir con la siguiente indicación:

- Debemos varillar los concretos que tengan un revenimiento mayor de 8 cm.
- En concretos con revenimiento entre los 3 y 8 cm tenemos la opción de varillar o vibrar.
- Pero debemos vibrar los concretos con un revenimiento menor de 3 cm.

VII.1.5 Condiciones Ambientales

El método de prueba establecido en el presente capítulo se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar en el que se vayan a realizar las pruebas.

VII.1.6 Procedimientos

VII.1.6.1 Varillado

Es importante colocar el concreto en tres capas aproximadamente de igual volumen, cada capa debe compactarse con la barra de acero de la siguiente forma:

- A) Con 25 penetraciones si el volumen es de 14 l o menos.
- B) Con 50 penetraciones si el volumen es mayor.

La varilla debe penetrar en la capa inferior en todo su espesor, pero por ningún motivo deberá golpear el fondo del recipiente, además, las penetraciones de la varilla se deben distribuir uniformemente en toda la superficie del concreto y en el caso de las dos capas superiores, la varilla debe penetrar aproximadamente 2 cm en la capa inmediata inferior.

Después de haber compactado cada una de las capas, debemos aplicar ligeros contactos con el martillo o mazo apropiado (Ver Inciso VII.1.2.2) en los lados del recipiente, hasta lograr que se cierren los huecos dejados por la barra de acero utilizada en la compactación y así liberar las burbujas o bolsas de aire que pudieran estar atrapadas, es importante mencionar que al agregar la última capa se debe evitar el rebosamiento.

VII.1.6.2 Vibración Interna

Se procede a llenar el recipiente y vibramos el concreto en dos capas iguales aproximadamente, insertamos el vástago del vibrador en tres puntos diferentes de cada capa cuidando no tocar los lados del recipiente.

Durante el proceso de compactación de la capa inferior, el vibrador no debe apoyarse o tocar el fondo, a diferencia, en la compactación de la capa superior, el vibrador debe penetrar en la capa anterior 2 cm aproximadamente, además, debemos tener cuidado de extraer lentamente el vástago de tal forma que no deje burbujas de aire en el espécimen (Ver Apéndice de Definiciones *B.80*).

El tiempo requerido para la vibración, está en función de la trabajabilidad de la mezcla y de la eficiencia del mismo vibrador, por lo general, el vibrado es suficiente tan pronto como la superficie del concreto se vuelva relativamente “lisa” y el agregado grueso tienda a desaparecer.

Debemos poner especial atención en no “sobrevibrar” (Ver Apéndice de Definiciones *B.178*), ya que esto puede producir tanto segregación (Ver Apéndice de Definiciones *B.176*) como una pérdida considerable en la cantidad de aire incluido (Ver Apéndice de Definiciones *B.13*), por lo que es recomendable mantener una duración uniforme de vibrado para una misma clase de concreto, un mismo tipo de vibrador y un mismo recipiente.

Una vez terminada la compactación, el recipiente no deberá contener excesos o falta de concreto, es importante explicar que el contenido óptimo es aquel en que el concreto sobresale unos 3 mm sobre el borde superior del recipiente, además, es válido agregar una pequeña porción de concreto para completar la cantidad óptima.

En caso de que el recipiente contenga una cantidad considerable de concreto, se procede a retirar el excedente por medio de una cuchara de albañil inmediatamente después de terminar la compactación y antes de realizar el enrase.

VII.1.6.3 Enrase

Se enrasa la superficie del concreto una vez terminada la compactación por medio de la placa enrasadora hasta dejar la superficie pulida y justa al nivel con el borde del recipiente.

El enrase se realiza haciendo presión con la placa enrasadora sobre la superficie del concreto, cubriendo dos tercios de ella y retirándola con un movimiento de sierra para terminar la superficie cubierta originalmente.

Colocamos nuevamente la placa sobre la superficie del concreto, de forma que se cubran los dos tercios enrasados para avanzar con un movimiento de sierra presionando verticalmente hasta cubrir el total de la superficie.

Por último, al dar varias pasadas inclinando el filo de la placa, se produce un acabado (Ver Apéndice de Definiciones *B.2*) pulido de la superficie del concreto.

VII.1.6.4 Determinación De La Masa

Después de realizar el enrasado, procedemos a limpiar todo el exceso de concreto adherido en el exterior del recipiente y se determina la masa del concreto con la precisión establecida en el Inciso VII.1.2.1, teniendo la precaución de que la báscula se encuentre bien calibrada, nivelada y fuera de cualquier corriente de aire.

VII.1.7 Cálculo y Expresión De Los Resultados

VII.1.7.1 Factor Del Recipiente

El cálculo del factor del recipiente se debe realizar por lo menos una vez al año, por lo que es necesario medir la temperatura del agua contenida en el recipiente con el fin de obtener la masa en kg/m³ contenida en el mismo.

Debemos colocar en el borde superior grasa de bomba o de chasis, es decir, grasa gruesa, para evitar que existan fugas de agua, posteriormente se pesa el recipiente vacío con una precisión de 0.1%.

Posteriormente se llena el recipiente con agua a temperatura ambiente y se cubre con una placa de vidrio, además, debemos eliminar las burbujas y el exceso de agua por medio de una pipeta o pizeta.

Se pesa el recipiente con una precisión de 0.1%, determinando la masa de la muestra requerida para llenarlo en kg/m³.

Medimos la temperatura del agua y determinamos la masa volumétrica de la misma dependiendo de su temperatura de acuerdo a lo indicado en la Tabla 21.

TABLA 21

TEMPERATURA Y MASA VOLUMÉTRICA DEL AGUA		
Temperatura		Masa Volumétrica del Agua
K	°C	Kg/m ³
288	15	999.10
291	18	998.58
294	21	997.95
296	23	997.50
297	24	997.30
300	27	996.52
302	29	995.97

Calculamos el factor del recipiente (F), dividiendo la masa volumétrica del agua (Mv) entre la masa de la muestra requerida para llenarlo (Mm) y se calcula con la siguiente expresión:

$$F = \frac{Mv}{Mm}$$

En donde:

- F es el factor del recipiente en 1/m³.
- Mv es la masa volumétrica del agua en kg/m³.
- Mm es la masa de la muestra requerida para llenarlo en kg.

VII.1.7.2 Masa Unitaria

Se calcula la masa neta del concreto (Mnc), restando la masa del recipiente (Mr) de la masa bruta (Mb), ahora la masa unitaria (Mu) se obtendrá multiplicando a la masa neta del concreto (Mnc) por el factor del recipiente (F) determinado en el Inciso VII.1.7.1 y se realiza con la siguiente fórmula:

$$Mu = (Mnc) \times F$$

O bien:

$$Mu = (Mb - Mr) \times F$$

En donde:

- Mu es la masa unitaria en kg/m³ (masa por metro cúbico de concreto).
- Mnc es la masa neta del concreto en kg.
- Mb es la masa bruta en kg (masa del concreto + masa del recipiente).
- Mr es la masa del recipiente en kg.
- F es el factor del recipiente en 1/m³.

VII.1.7.3 Rendimiento

Calculamos el rendimiento (R), dividiendo la masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura (M1) entre la masa unitaria (Mu) determinada en el Inciso VII.1.7.2.

La masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura (M1) es igual a la suma de la masa del cemento, del agregado fino, del agregado grueso en las condiciones que se usan, del agua de mezclado (Ver Apéndice de Definiciones B.11) agregada a la revoltura (Ver Apéndice de Definiciones B.170) y de cualquier otro material, sólido o líquido que se adicione y se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{M1}{Mu}$$

En donde:

- R es el volumen real de concreto obtenido por revoltura (rendimiento) en m³.
- M1 es la masa total de todos los materiales incluidos en un revoltura en kg.
- Mu es la masa unitaria en kg/m³.

VII.1.7.4 Rendimiento Relativo

Se define al rendimiento relativo (Rr) como la relación entre el volumen real de concreto obtenido por revoltura (R) y el volumen de concreto teórico que produce una revoltura (Vt) y se calcula con la siguiente expresión:

$$Rr = \frac{R}{Vt}$$

En donde:

- Rr es el rendimiento relativo.
- R es el volumen real de concreto obtenido por revoltura (rendimiento) en m³.
- Vt es el volumen de concreto teórico que produce una revoltura en m³.

VII.1.7.5 Contenido De Cemento

Ahora, calculamos el contenido real de cemento (C_c), dividiendo la masa del cemento por revoltura (M_c) entre el rendimiento (R), es decir, el volumen real del concreto obtenido por revoltura y se realiza con la siguiente fórmula:

$$C_c = \frac{M_c}{R}$$

En donde:

- C_c es el contenido real de cemento en kg/m³.
- M_c es la masa del cemento por revoltura en kg.
- R es el volumen real del concreto obtenido por revoltura (rendimiento) en m³.

VII.1.7.6 Contenido De Aire

Este contenido de aire (A) debe ser calculado únicamente en concretos en los que se incluya aire por medio de aditivos y se calcula con cualquiera de las siguientes expresiones:

$$A = \frac{M_t - M_u}{M_t} \times 100$$

O bien:

$$A = \frac{R - V_a}{R} \times 100$$

En donde:

- A es el contenido de aire en el concreto (porcentaje de vacíos) en por ciento (%).
- M_t es la masa teórica del concreto, considerándolo libre de aire en kg/m³.
- M_u es la masa unitaria del concreto obtenido por revoltura en kg/m³.
- R es el volumen real del concreto obtenido por revoltura (rendimiento) en m³.
- V_a es el volumen total absoluto de los ingredientes que componen la revoltura en m³.

La masa teórica del concreto (M_t) se determina en el laboratorio y se obtiene dividiendo a la masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura (P_1) entre el volumen total absoluto de los ingredientes que componen una revoltura (V_a), además, es un valor que se considera constante para todas las revolturas elaboradas, siempre y cuando se usen tanto idénticos ingredientes como proporciones y se calcula con la siguiente expresión:

$$M_t = \frac{P_1}{V_a}$$

En donde:

- M_t es la masa teórica del concreto, considerándolo libre de aire en kg/m³.
- P_1 es la masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura en kg.
- V_a es el volumen total absoluto de los ingredientes que componen una revoltura en m³.

Es importante mencionar que el volumen absoluto de cada ingrediente es igual al cociente de la masa de dicho ingrediente dividida entre mil veces la masa específica, además, para los agregados debe ser el que corresponda a la condición de saturados y superficialmente secos.

La masa específica del cemento se determina de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-C-152-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.6), además, es válido considerar un valor de 3.10 g/cm³ para la masa específica de los cementos comprendidos en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.6).

VII.1.8 Informe De La Prueba

El informe de la prueba para determinar la masa unitaria, el cálculo del rendimiento y el contenido de aire en el concreto fresco por el método gravimétrico, debe contener como mínimo los siguientes datos:

- Datos del concreto muestreado de acuerdo a lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** (Ver Apéndice de Referencias C.6).
- Masa de los materiales por cachada.
- Factor del recipiente en 1/m³.
- Masa unitaria del concreto calculada en kg/m³.

- Rendimiento del concreto en m³ y en por ciento.
- Cantidad en por ciento del contenido de aire en el concreto (si es que se calculó).
- Nombre y firma de quien realiza la prueba.
- Fecha.
- Características del concreto.

VII.2 Elaboración De Pruebas En Campo

VII.2.1 Laboratorio Acreditado

VII.2.1.1 Factores a Considerar

Es importante recordar que al concreto en estado fresco, antes de su colocación en la cimbra, se le deben realizar pruebas para verificar que cumple con los requisitos de masa unitaria, las cuales se realizarán al concreto muestreado en obra con base en los procedimientos indicados en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** y con la frecuencia mínima indicada en la Tabla 9.

Como ya hemos comentado, las proporciones de los materiales que componen al concreto deben ser tales que logren la resistencia, la rigidez y la durabilidad necesaria, por lo que su calidad deberá verificarse antes del inicio de cada obra o también cuando se presente algún cambio en las características de los mismos.

El Corresponsable en Seguridad Estructural (CSE) o el Director Responsable de Obra (DRO) cuando no se requiera Corresponsable, en lugar de esta verificación podrá admitirse como garantía del productor solamente si comprueba que los materiales fueron ensayados en un laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida, sin embargo, en cualquier situación podrá ordenar la verificación de la calidad de los materiales cuando lo juzgue conveniente.

Como ya se comentó, la masa unitaria del concreto fresco debe determinarse según los procedimientos establecidos en la presente norma mexicana y el resultado debe ser el promedio de tres determinaciones por lo menos, cada una de ellas efectuada de una muestra obtenida de diferentes entregas con el mismo equipo y operador.

Es importante recordar que la prueba de masa unitaria es una herramienta importante utilizada para controlar la calidad tanto de concretos ligeros como de concretos pesados, motivo por el cual es fundamental que la prueba se realice correctamente.

Partiendo de las cuestiones básicas para realizar la prueba de masa unitaria, es importante indicar que el concreto hidráulico, el cual es utilizado en la construcción, debe cumplir con las especificaciones establecidas en la norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 (Ver Apéndice de Referencias C.6), la cual indica que el concreto debe tener una masa unitaria entre los 1800 y 2400 kg/m³.

Una vez que se ha establecido el proporcionamiento o la dosificación para una mezcla de concreto específica, un cambio en la masa volumétrica indicará que existe una variación en alguno de los requisitos de desempeño del concreto, es decir, podría verse afectada la bombeabilidad, la colocación, el acabado y la resistencia, por ejemplo, una masa volumétrica más baja puede indicar:

- Que los materiales han cambiado.
- Que existe un mayor contenido de aire.
- Que existe un mayor contenido de agua.
- Que se ha presentado un cambio en las proporciones de los ingredientes.
- Que existe un menor contenido de cemento.

De forma inversa, una masa unitaria más alta indicará lo contrario respecto a las características del concreto antes mencionadas.

Sabemos que la base de medición del volumen de concreto fresco es el m³ tal como se descarga en sitio y debe determinarse a partir de la masa total de los materiales de la mezcla dividido entre la masa unitaria del concreto mismo o bien la masa total de la mezcla puede ser calculada como la suma de las masas de los materiales, inclusive el agua de toda la mezcla o como la masa neta tal como se entrega.

El volumen suministrado por el productor, puede aceptarse con una tolerancia de entre -1% y +2% en relación con el volumen remisionado, sin embargo, debe entenderse que el volumen de concreto endurecido puede aparentar ser menor al suministrado debido al desperdicio, al derrame, a una sobre excavación o al ensanchamiento en las cimbras, lo cual no es responsabilidad del productor.

Cuando hablamos de “sobre - rendimiento” nos indica que existe una masa volumétrica más baja que las proporciones de la mezcla de concreto establecidas, es decir, que el contenido de cemento requerido para un metro cúbico disminuye para producir un mayor volumen de concreto, por lo tanto, es de esperarse tanto resistencias más bajas como una reducción de las otras cualidades deseables del concreto.

Ahora bien, si la reducción de la masa unitaria del concreto es producto de un incremento en el contenido de aire, es probable que el concreto sea más resistente contra ciclos de congelación y deshielo, pero las cualidades de resistencia a la compresión, a la abrasión, al ataque de químicos, a la contracción y al agrietamiento del concreto, se verán afectadas adversamente.

Es importante mencionar que el estructurista (Ver Apéndice de Definiciones *B.203*) es el responsable de proponer el contenido total de aire en el concreto de acuerdo con las condiciones particulares de cada obra y en función de la precisión de la prueba, por ello deben realizarse pruebas para determinar el contenido de aire tanto preliminar como de rutina, con el propósito de controlar el control de calidad durante la construcción.

Con el fin de mejorar tanto la resistencia a la congelación como al deshielo, se recomienda utilizar los porcentajes de contenido de aire total que dependen principalmente del tamaño máximo nominal de agregado a utilizar (Ver Tabla 22).

Sin embargo, es importante mencionar que contenidos de aire menores a los indicados no mejoran la resistencia al congelamiento y al deshielo, así como que contenidos superiores pueden reducir la resistencia sin lograr una protección adicional.

TABLA 22

CANTIDAD DE AIRE RECOMENDADO			
T. M. A. (mm)	Cantidad en % según tipo de exposición		
	Ligera	Moderada	Severa
75	1.5	3.5	4.5
50	2.0	4.0	5.0
40	2.5	4.5	5.5
25	3.0	4.5	6.0
20	3.5	5.0	6.0
13	4.0	5.5	7.0
10	4.5	6.0	7.5

En el laboratorio la prueba de masa unitaria también sirve para determinar el contenido de aire, es decir, el porcentaje de vacíos del concreto, debido a que se conoce el peso teórico del concreto calculado sobre la base libre de aire en kg/m³.

VII.2.1.2 Determinación de la Masa Unitaria en el Concreto Fresco

Como ya se ha explicado, uno de los tres objetivos de la norma mexicana **NMX-C-162-ONNCCE-2002**, es establecer el procedimiento para determinar la masa unitaria del concreto fresco por el método gravimétrico, ya que los alcances de este capítulo se limitan solo esta sección, debido a que en el proyecto para desarrollar el presente trabajo de **Tesis** no fue requerido ni el cálculo del rendimiento ni el cálculo del contenido de aire.

Sabemos que al concreto se le puede dosificar de diferentes formas dependiendo de la resistencia solicitada, respecto a ello, la presente norma mexicana tiene una restricción, la cual indica que el procedimiento no es aplicable para concretos secos o de bajo revenimiento, por ello es importante mencionar que al final del capítulo dos, se encuentra el formato de reporte de muestreo y colado de concreto fresco (Ver Inciso *II.3*) realizado por parte del laboratorio acreditado referente a la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos”, en donde se indica que el revenimiento de proyecto solicitado por el contratista fue de 14 cm, motivo por el cual la presente norma mexicana respalda que el método es aplicable para realizar este trabajo de **Tesis**, ya que las pruebas de masa unitaria se realizaron al concreto fresco con un revenimiento dentro del permisible.

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, el equipo que se utilizó para determinar la masa unitaria en el concreto fresco fue el siguiente:

- A) Un recipiente cilíndrico plano de metal, con capacidad de 5 l, que cumple con los requisitos indicados en el Inciso *VII.1.2.2* respecto al material, limpieza y absorción, dimensiones, resistencia, geometría, impermeable, además de conservar su forma bajo condiciones severas de uso y contar con manijas para sujetarlo.
- B) Una báscula calibrada dentro de nuestro rango de uso, es decir, desde la masa del recipiente vacío hasta la masa del mismo más su contenido de concreto.
- C) Grasa gruesa para evitar que existieran fugas de agua al momento de colocar la placa de vidrio.
- D) Agua potable o destilada para el llenado del recipiente.
- E) Una placa de vidrio rectangular de 40 x 40 cm y 6 mm de espesor.
- F) Una pipeta o pizeta para asegurarnos que el recipiente estuviera perfectamente lleno.
- G) Un termómetro para determinar la temperatura del agua y poder calcular su masa volumétrica.

- H) Parte del equipo de muestreo y revenimiento, por ejemplo: carretilla, varilla, cucharón, mazo o martillo indicado en los Incisos II.1.2 y III.1.2 respectivamente.
- I) Una placa enrasadora de metal, rectangular de 40 x 40 cm, plana, de 6 mm de espesor.
- J) Una franela para retirar el excedente de concreto producto del enrase.

Siguiendo con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, iniciaremos indicando el proceso correspondiente para determinar el factor del recipiente, mismo que podemos verificar paso a paso en el formato para la determinación de la masa unitaria en el concreto fresco (Ver Inciso VII.4).

El primer paso fue verificar que el recipiente estuviera totalmente limpio, ya que en caso de que se presente lo contrario, será necesario limpiarlo ya sea con una franela o con una espátula, dependiendo de los residuos sólidos o líquidos que presente y una vez asegurándonos que la báscula estuviera calibrada, debimos colocar el recipiente en ella con el fin de registrar el peso “R” (Ver Figura 76).



FIGURA 76
CONDICIONES DE LIMPIEZA PARA EL CÁLCULO DEL PESO “R”

El siguiente paso fue retirar el recipiente y colocarlo sobre una superficie plana, limpia y nivelada para poder realizar el engrase correspondiente al borde superior del mismo utilizando grasa gruesa con el objetivo de evitar fugas al momento de realizar el llenado (Ver Figura 77).



FIGURA 77
ENGRASE DE RECIPIENTE EN BORDE SUPERIOR

Antes del llenado del recipiente, de la misma forma colocamos la placa de vidrio limpia sobre la báscula para registrar el peso "V" en el formato de registro antes mencionado (Ver Figura 78 e Inciso VII.4).



FIGURA 78
CONDICIONES DE LIMPIEZA PARA EL CÁLCULO DEL PESO "V"

Posteriormente, debimos llenar el molde con agua destilada a temperatura ambiente, pero es importante mencionar que el llenado debe realizarse vaciando el agua hasta el límite superior del molde por medio de una cubeta o un matraz teniendo la precaución de no derramar por ningún motivo el líquido fuera de él (Ver Figura 79).



FIGURA 79
LLENADO DE RECIPIENTE CON AGUA DESTILADA

Después se procedió a cubrir el recipiente con la placa de vidrio, es muy importante verificar que no exista ninguna burbuja al momento de colocarlo totalmente, por lo que con ayuda de la pizeta seguimos agregando sólo la cantidad necesaria de agua hasta asegurarnos tanto de eliminar las burbujas como que el molde se encontrara completamente lleno con el fin de pesarlo y así determinar el peso “R+V+A” (Ver Figura 80).

Es importante mencionar que en caso de que se haya derramado agua hacia el exterior, debemos limpiarla completamente, de modo que no afecte la medición registrada en la báscula.

Ya con este peso calculado y por diferencia de los pesos “R” y “V” es posible calcular el peso de “A” en kg, es decir, el peso de la muestra de agua requerida para llenarlo.



FIGURA 80
DETERMINACIÓN DEL PESO “R+V+A”

Inmediatamente debimos determinar la temperatura del agua destilada contenida en el recipiente por medio de un termómetro, esto lo conseguimos ingresándolo durante unos minutos hasta que la medición se estabilice y así poder calcular la masa volumétrica del agua en kg/m^3 con base en lo indicado en la Tabla 21 (Ver Figura 81).



FIGURA 81
CÁLCULO DE LA MASA VOLUMÉTRICA DEL AGUA

Posteriormente, calculamos el factor del recipiente expresado en $1/m^3$ como se indica en el formato para la determinación de la masa unitaria en el concreto fresco, dividiendo la masa volumétrica del agua entre la masa de la muestra requerida para llenarlo (Ver Inciso VII.4).

Ya en sitio, una vez tomada la muestra por los procedimientos especificados en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** y después de haber realizado la prueba para determinar el revenimiento en el concreto fresco de acuerdo a la norma mexicana **NMX-C-156-1997-ONNCCE** con el fin de verificar que cumple con los requisitos correspondientes para su aceptación, de inmediato se procedió a iniciar con la prueba de masa unitaria después de haber remezclado la muestra para garantizar su uniformidad y antes de que hayan transcurrido 5 min desde la toma de la muestra.

Una vez remezclada la mezcla y así prevenir segregación, el siguiente paso fue llenar al recipiente y compactarlo, es importante mencionar que hablando nuevamente de compactación la presente norma mexicana nos recomienda que debemos repetir el procedimiento de varillado principalmente por las siguientes 2 razones:

- Debido a que la capacidad de nuestro recipiente fue menor a 10 l.
- Debido a que el concreto utilizado en el colado de la zapata del Estribo #1 del "Puente "San Marcos" tiene un revenimiento de proyecto mayor de 8 cm.

El procedimiento de compactación es el descrito en el Inciso VII.1.6.1, el cual consiste en colocar el concreto en tres capas y compactarlas únicamente con 25 penetraciones en cada una de ellas por medio de la varilla, debido a que la capacidad del recipiente es menor de 14 l (Ver Figura 82).



FIGURA 82
PROCEDIMIENTO DE LLENADO Y COMPACTADO

Una vez realizado el compactado de cada capa y con el objetivo de asegurar el cerrado de algún tipo de oquedad generado por la compactación, debimos aplicar ligeros golpes en los lados del recipiente por medio del mazo de goma con el fin de eliminarla (Ver Figura 83).



FIGURA 83
CERRADO DE OQUEDADES

Así como en el procedimiento para elaborar los cilindros de concreto fue importante mantener el nivel por encima del borde superior del molde durante el proceso de llenado, de igual manera durante el vaciado de la tercera capa se tuvo que incluir un excedente de concreto, sin embargo, es importante mencionar que al agregar la última capa se debe evitar el rebosamiento, es decir, que se derrame concreto fuera del recipiente debido a que entre mayor sea la mezcla derramada, menor será la probabilidad de que el recipiente en su parte exterior se encuentre limpio generando un error al momento de obtener la masa bruta del concreto.

Continuando con los procedimientos indicados en la presente norma mexicana, una vez terminada la compactación, se procedió a realizar el enrase por medio de una placa de metal con el fin de obtener una superficie plana, pulida, pareja y uniforme, así como verificar que el concreto estuviera bien nivelado respecto al borde del recipiente y así poder obtener valores confiables respecto a la masa bruta y posteriormente a la masa unitaria del concreto.

El enrase se realizó apoyando la placa metálica sobre dos terceras partes de la superficie del concreto, después debimos retirarla haciendo presión con dirección hacia el extremo del molde por medio de un movimiento de sierra y con ello darle un acabado parcial a esta zona (Ver Figura 84).



FIGURA 84
ENRASE CON PLACA METÁLICA - 1

Posteriormente colocamos la placa de metal sobre la superficie del concreto, de la misma forma cubriendo la zona recién pulida, pero ahora el movimiento de sierra se realizó en la dirección del tercio restante por enrasar con el objetivo de cubrir el total de la superficie expuesta (Ver Figura 85).



FIGURA 85
ENRASE CON PLACA METÁLICA - 2

Para finalizar y con el fin de asegurarnos de haber producido un acabado correcto sobre toda la superficie de concreto se optó por volver a pasar en varias ocasiones el filo de la placa enrasadora de metal.

Como ya he comentado, después de que la muestra de concreto se ha enrasado y antes de colocar el recipiente en la báscula, es muy importante conocer la masa exacta del contenedor por lo que se debe limpiar el exceso de concreto que se encuentra adherido en la parte exterior del molde para poder determinar de forma más exacta la masa bruta del concreto con la precisión establecida en la presente norma mexicana.

Verificando que el recipiente se encontrara en las condiciones óptimas requeridas, pesamos el molde lleno de concreto y de esta forma obtuvimos la masa bruta del concreto expresada en kg (Ver Figura 86), misma que se registró en el formato para la determinación de la masa unitaria en el concreto fresco (Ver Inciso VII.4).



FIGURA 86
DETERMINACIÓN DE LA MASA BRUTA DEL CONCRETO

El último paso fue determinar la masa unitaria en el concreto fresco, por lo que de inicio se restó el peso del recipiente “R” de la masa bruta del concreto antes obtenida, el resultado de esta diferencia nos indicará la masa neta del concreto expresada en kg, misma que se tuvo que multiplicar por el factor del recipiente y de esta forma obtener la masa unitaria expresada en kg/m³ con una precisión 0.01 como podemos observar en el formato para la determinación de la masa unitaria en el concreto fresco (Ver Inciso VII.4).

Al final de este capítulo en el Inciso VII.3 se anexa el formato del reporte de muestreo y masa unitaria realizado por parte del laboratorio acreditado indicando:

- A) Datos de Proyecto (Generales y particulares).
- B) Datos de la revoladora (Remisión y clave).
- C) Hora de salida de la Planta.
- D) Hora de llegada al Estribo #1.
- E) Tiempo de traslado.
- F) Hora de inicio del colado.
- G) Hora de término del colado.
- H) Duración del colado.
- I) Número de muestra para la determinación de la masa unitaria.
- J) Número de revoladora de donde se tomó la muestra.
- K) Revenimiento en cm.
- L) Volumen parcial en m³.
- M) Volumen acumulado en m³.
- N) Referencias Normativas.
- O) Observaciones
- P) Personal que elaboró, revisó, y aprobó los datos.

Al final de este capítulo en el Inciso *VII.4* se anexa el formato del reporte para la determinación de la masa unitaria en el concreto fresco realizado por parte del laboratorio acreditado indicando:

- A) Datos de Proyecto (Generales y particulares).
- B) Número de muestra para la determinación de la masa unitaria.
- C) Número de revolvedora de donde se tomó la muestra.
- D) Peso del Recipiente (R) en kg.
- E) Peso del Vidrio (V) en kg.
- F) Peso del Recipiente, del Vidrio y del Agua (R+V+A) en kg.
- G) Peso del Agua (A) en kg.
- H) Temperatura del Agua (A) en °C.
- I) Masa Volumétrica del Agua (A) en kg/m³.
- J) Factor del Recipiente en 1/m³.
- K) Masa Bruta del Concreto en kg.
- L) Masa Unitaria del Concreto en kg/m³.
- M) Referencias Normativas.
- N) Observaciones
- O) Personal que elaboró, revisó, y aprobó los datos.

VII.2.2 Laboratorio No Acreditado

VII.2.2.1 Detalles a Considerar

Esta investigación está orientada a ser una guía e instrumento de consulta para quienes estamos involucrados en la industria de la construcción, sin embargo, en este caso en particular, no pudimos verificar físicamente los detalles positivos o negativos derivados de realizar esta prueba, ya que como hemos mencionado, este trabajo de **Tesis** está basado en un proyecto real y por lo tanto en el modelo de cómo se realizan las pruebas en la obra por parte de ambos laboratorios.

Sin embargo, es importante mencionar que el alcance por parte del laboratorio no acreditado para realizar este trabajo de **Tesis** no fue el esperado, debido a que no prepararon la logística necesaria para poder realizar la prueba correspondiente a la masa unitaria, ya que no la consideraron indispensable tomando como parámetro de referencia el resultado final de la resistencia a la compresión obtenida por los procedimientos que indica la norma mexicana **NMX-C-083-ONNCCE-2002**.

Es importante aclarar que el alcance de este trabajo de **Tesis** incluye los estudios de la norma mexicana **NMX-C-162-ONNCCE-2002**, ya que recordemos que para poder acreditar un laboratorio de concreto bajo la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006** es necesario cumplir por lo menos con las 6 pruebas básicas para el concreto expuestas anteriormente.

De acuerdo a lo antes mencionado y tomando en cuenta que cualquier desviación respecto a los procedimientos que no están de acuerdo con los estándares establecidos en la presente norma mexicana dará como resultado una resistencia más baja, mencionaré algunos puntos en donde considero que el factor error puede aparecer:

- Que la prueba para determinar la masa unitaria inicie después de los 5 min siguientes a la toma de la muestra con base en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE**.
- Que la báscula se encuentre perfectamente calibrada para obtener datos confiables desde el contenedor y la placa de vidrio hasta el correspondiente al factor del recipiente y la masa bruta de concreto, ya que es importante cumplir con todos los procedimientos y no empezar a arrastrar el error.
- Verificar que se cumpla con las condiciones de limpieza en el recipiente tanto al obtener su peso unitario como cuando su peso va embebido en el cálculo de la masa bruta del concreto.
- Verificar que se lleve a cabo correctamente los procedimientos de compactado y enrasado en el molde.

VII.3 REPORTE DE MUESTREO Y MASA UNITARIA

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Mixto	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Revolvedora		Salida Planta (Hrs)	Llegada Estribo #1 (Hrs)	Tiempo Traslado (Min)	Co l a d o			M u e s t r e o		Revenimiento (cm)	Volúmen (m3)	Volúmen Acumulado (m3)
Remisión	No.				Inicio (Hrs)	Término (Hrs)	Duración (Min)	Masa Unitaria	No.			
8	3940	03:31	03:55	00:24	04:03	04:09	00:06	Si	2	17	6	51
16	3442	06:01	06:21	00:20	06:27	06:39	00:12	Si	4	17	7	100
24	3926	08:42	09:15	00:33	09:17	09:27	00:10	Si	6	16	6	150
33	3442	10:35	11:00	00:25	11:10	11:15	00:05	Si	8	16	6	205
41	3926	12:45	13:08	00:23	13:16	13:23	00:07	Si	10	10	6	253
48	3929	14:06	14:25	00:19	14:29	14:38	00:09	Si	12	16	7	302
Promedio				00:28	Promedio		00:09	Promedio		18.4		

OBSERVACIONES	REFERENCIAS
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

R E P O R T E D E M U E S T R E O Y M A S A U N I T A R I A

Datos Generales		Datos De Proyecto	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm2
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Mixto	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

Revolvedora		Salida Planta (Hrs)	Llegada Estribo #1 (Hrs)	Tiempo Traslado (Min)	C o l a d o			M u e s t r e o		Revenimiento (cm)	Volúmen (m3)	Volúmen Acumulado (m3)
Remisión	No.				Inicio (Hrs)	Término (Hrs)	Duración (Min)	Muestra	No.			
55	3929	16:05	16:31	00:26	16:35	16:42	00:07	Si	14	17	7	350
63	3930	17:50	18:10	00:20	18:11	18:18	00:07	Si	16	16	7	406
70	3940	19:06	19:25	00:19	19:28	19:40	00:12	Si	18	14	7	455
77	3442	20:37	20:58	00:21	21:03	21:11	00:08	Si	20	17	7	504
84	3929	22:34	23:05	00:31	23:13	23:19	00:06	Si	22	17	7	553
Promedio				00:23	Promedio		00:08	Promedio		16.2	35	

OBSERVACIONES	REFERENCIAS
	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

VII.4 DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA EN EL CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Mixto	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>M u e s t r e o</i>		<i>Peso</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Masa</i>	<i>Factor del</i>	<i>Masa Bruta</i>	<i>Masa Unitaria</i>
<i>Masa</i>	<i>No.</i>	<i>"R"</i>	<i>"V"</i>	<i>"R+V+A"</i>	<i>"A"</i>	<i>"A"</i>	<i>Volumétrica "A"</i>	<i>Recipiente</i>	<i>del Concreto</i>	<i>del Concreto</i>
<i>Unitaria</i>		<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(°C)</i>	<i>(kg/m3)</i>	<i>(1/m3)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg/m3)</i>
Si	2	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.254	2235.19
Si	4	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.160	2216.22
Si	6	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.216	2227.52
Si	8	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.219	2228.13
Si	10	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.223	2228.93
Si	12	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.228	2229.94
									Promedio	2227.66

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
R - Recipiente V - Vidrio A - Agua	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA EN EL CONCRETO FRESCO

<i>Datos Generales</i>		<i>Datos De Proyecto</i>	
Proyecto:	Autopista México - Tuxpan	Resistencia f'c =	250 kg/cm ²
Tramo:	Nuevo Necaxa - Ávila Camacho	Revenimiento =	14 cm
Localización:	Xicotepec, PUE.	T. M. A. =	20 mm
Elemento:	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	Tipo De Concreto:	Normal
Fecha:	02 de Octubre del 2009	Proveedor:	Cemex
Turno:	Mixto	Planta:	Cemex, Las Pilas, PUE.

<i>M u e s t r e o</i>		<i>Peso "R" (kg)</i>	<i>Peso "V" (kg)</i>	<i>Peso "R+V+A" (kg)</i>	<i>Peso "A" (kg)</i>	<i>Temperatura "A" (°C)</i>	<i>Masa Volumétrica "A" (kg/m³)</i>	<i>Factor del Recipiente (1/m³)</i>	<i>Masa Bruta del Concreto (kg)</i>	<i>Masa Unitaria del Concreto (kg/m³)</i>
<i>Masa Unitaria</i>	<i>No.</i>									
Si	14	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.233	2230.95
Si	16	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.187	2221.67
Si	18	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.595	2304.02
Si	20	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.245	2233.37
Si	22	4.180	4.123	13.245	4.942	23	997.50	201.841	15.209	2226.11
									Promedio	2243.22

<i>OBSERVACIONES</i>	<i>REFERENCIAS</i>
R - Recipiente V - Vidrio A - Agua	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000

<i>ELABORÓ</i>	<i>REVISÓ</i>	<i>APROBÓ</i>
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

CAPÍTULO VIII: RECOPIACIÓN DE RESULTADOS

VII.1 Laboratorio Acreditado y Laboratorio No Acreditado

Después de conocer todos los procedimientos para realizar el estudio de las 6 pruebas básicas para el concreto, es responsabilidad del laboratorio entregar un informe general con los resultados de los servicios solicitados por el cliente.

Es importante mencionar que para este trabajo de **Tesis** en donde hacemos referencia únicamente a las 6 pruebas básicas para el concreto, el informe para verificar la calidad del concreto a la compresión debe incluir lo siguiente:

- No. y nombre del cliente.
- No. y nombre de la obra.
- Planta y premezclador de concreto.
- Revenimiento de Proyecto en cm
- Resistencia de proyecto en kg/cm².
- Volumen total de m³ de concreto a suministrar.
- Tipo de concreto
- Tamaño máximo de agregados en mm.
- Fechas de colado y de ensaye.
- No. Revolvedora y No. de Remisión.
- Horas de salida de planta y de llegada al elemento
- Horas de inicio y término de colado.
- Revenimiento obtenido en cm de la muestra de cada revolvedora.
- Volumen de concreto suministrado por cada revolvedora en m³.
- Volumen acumulado de concreto en m³.
- Masa unitaria en kg/m³ (Si fuese el caso).

- No. de Muestra y No. total de cilindros elaborados.
- Datos de localización del elemento.
- No. de espécimen y edad a la que fue ensayado.
- Resistencia a la compresión de cada cilindro en kg/cm².
- Resistencia final a la compresión de la muestra en kg/cm² y en MPa.
- Métodos de prueba empleados.
- Nombre de la persona que revisó y autorizó el informe.
- Nombre de la persona que recibe el informe.

Una vez obtenido estos datos, debemos compararlos con los obtenidos por el otro laboratorio, los cuales se indican en su respectivo informe general, por ello en el presente capítulo haré referencia a una serie de Gráficas en donde podemos apreciar claramente la tendencia de los datos del estudio realizado para este trabajo de **Tesis**.

Para comenzar en las Gráficas 1 y 2 hago referencia a la norma mexicana **NMX-C-161-ONNCCE-1997**, en la primera podemos observar la forma en la que se presentó el control del volumen acumulado en m³ de concreto fresco respecto al No. de revolvedora conforme se iba suministrando el material.

Posteriormente en la Gráfica 2 se muestra a detalle la metodología que se utilizó para definir el número de muestras necesarias para elaborar los cilindros de concreto con base en la norma mexicana **NMX-C-155-ONNCCE-2004** para ser ensayados a compresión, los puntos que se encuentran con valor igual a 1 nos indican que en esa descarga fue donde se tomó la muestra de concreto para el fin antes mencionado.

Siguiendo con la representación de los resultados, en la Gráfica 3 hago referencia a la norma mexicana **NMX-C-156-ONNCCE-1997**, en ella podemos apreciar el comportamiento del revenimiento obtenido en cada una de las 85 revolvedoras que se utilizaron para suministrar los 550 m³ de concreto fresco, es importante mencionar que en la Gráfica se anexa el valor permisible tanto superior como inferior de acuerdo con la norma mexicana **NMX-C-155-ONNCCE-2004** para evaluar la calidad del concreto fresco suministrado por la planta de CEMEX, Las Pilas, PUE.

Partiendo de la base de que una de las principales características del concreto es su resistencia a la compresión y haciendo referencia a la norma mexicana **NMX-C-083-ONNCCE-2002**, en la Gráficas 4 y 6 les presento las resistencias obtenidas en cada uno de los cilindros que contempla el estudio para este trabajo de **Tesis** por parte del laboratorio acreditado.

En la Gráfica 4 se presenta en color azul la resistencia a la compresión antes mencionada para los cilindros que fueron ensayados a 7 días, aquí podemos apreciar que las resistencias se encuentran por encima del promedio histórico para los cilindros ensayados a esa edad, es decir, son mayores al 70% (175 kg/cm²) lo que parcialmente nos indicó que los resultados del estudio presentaban un buen parámetro.

Posteriormente en la Gráfica 6 se presenta de igual forma en color azul la resistencia a la compresión pero ahora para los cilindros ensayados a 28 días, ésta es una de las partes más importantes en el estudio de este trabajo de **Tesis** ya que podemos observar que la resistencia final a la compresión en todos los cilindros fue superior a la resistencia solicitada por el proyecto (250 kg/cm²).

Comparando estos parámetros, podemos observar ahora en las Gráficas 5 y 7 las mismas características de resistencia a la compresión, pero para los resultados obtenidos en los cilindros ensayados por el laboratorio no acreditado.

En la Gráfica 5 se presenta en color naranja la resistencia para los cilindros ensayados a la edad de 7 días, por lo que comparándolos con los resultados obtenidos en la Gráfica 4 podemos apreciar que las resistencias a la compresión son menores.

Ahora en la Gráfica 7 se presenta de la misma manera en color naranja la resistencia de los cilindros ensayados a 28 días, es aquí donde podemos observar que la resistencia final a la compresión en los cilindros es inferior respecto a la solicitada por el proyecto (250 kg/cm²) y por lo tanto no cumple con los requisitos de resistencia solicitados.

Si bien, hemos comentado que el resultado correspondiente a la resistencia de una muestra es el promedio de las resistencias de los cilindros compañeros, por ello en las Gráficas 8 y 9 les presento el promedio de las resistencias finales a la compresión de los cilindros de concreto ensayados por ambos laboratorios a 7 y a 28 días respectivamente.

De igual forma el color azul se refiere a las resistencias obtenidas por parte del laboratorio acreditado a la edad indicada y en color naranja nos indica la resistencia obtenida por parte del laboratorio no acreditado, es decir, se presenta un resumen en donde podemos apreciar claramente que las resistencias de color naranja son en promedio de 15% a 20% menores respecto a las resistencias de color azul.

Para terminar, en la Gráfica 10 haciendo referencia a la norma mexicana **NMX-C-162-ONNCCE-2000**, se puede apreciar los resultados obtenidos respecto a la prueba de masa unitaria del concreto fresco en cada una de las 11 muestras utilizadas para este fin, de igual forma es importante mencionar que en la Gráfica se anexa el valor permisible superior e inferior de acuerdo con lo establecido en la norma mexicana **NMX-C-155-ONNCCE-2004** para evaluar la calidad del concreto fresco suministrado por la planta de CEMEX, Las Pilas, PUE.



Completando la información respecto a los informes generales para verificar la calidad del concreto a la compresión, es importante mencionar que uno de los requisitos para cumplir con el sistema de calidad es el que se refiere al control de los registros, ya que debemos contar con los medios necesarios para su identificación, acceso y archivo.

Es importante contar con registros de calidad para demostrar el cumplimiento tanto de los requisitos especificados por el proyecto como de la operación efectiva del sistema de calidad, por lo tanto los documentos y registros pueden ser aplicables a:

- Contratos.
- Procedimientos.
- CV del personal.
- Planos de diseño y especificaciones.
- Calificaciones de material.
- Reportes técnicos con fotos.
- Formatos de pruebas de concreto.
- Reportes de incumplimiento.
- Registros de dosificaciones de concreto.
- Planos "As Built".
- Bitácora de obra.

Generalmente el almacenamiento de ésta información es de 3 años después de que el proyecto ha recibido la aceptación final, en caso de que el cliente requiera de un tiempo mayor deberá especificarse.

VIII.2 INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN

 <p style="margin: 0;">Universidad Nacional Autónoma de México</p> <p style="margin: 0;">UNAM</p>	No. de Cliente 8	Cliente Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM									
	No. de Obra 22	Obra Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho									
C A R A C T E R Í S T I C A S D E L C O N C R E T O S O L I C I T A D O											
Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m ³)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado 02 de Octubre del 2009					
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009					
C O N T R O L D E C O N C R E T O F R E S C O											
Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m ³)	Volumen Acumulado (m ³)	Masa Unitaria (kg/m ³)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
1	3442	01:16	01:36	01:44	01:56	17	7	7	-	-	-
2	3940	01:31	02:03	02:11	02:13	17	7	14	-	-	-
3	3926	01:56	02:18	02:26	02:32	17	7	21	-	-	-
4	3930	02:11	02:32	02:40	02:44	16	6	27	-	1	5
R E S I S T E N C I A A L A C O M P R E S I Ó N											
No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento					No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
									Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 1	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"					1 -- 1	7	-	179.99	181	17.7
Xico - 1	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"					2 -- 1	7	-	182.49		
Xico - 1	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"					3 -- 1	28	-	250.34		
Xico - 1	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"					4 -- 1	28	-	254.42	252	24.6
Xico - 1	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"					5 -- 1	28	-	251.68		
OBSERVACIONES						MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS					Página
						NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004				1 de 22
						NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002				Clave de Obra
						NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000				XICO
REVISÓ				AUTORIZÓ				RECIBIÓ			
Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez				Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez				Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM			

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



Universidad Nacional Autónoma de México


No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
5	3942	02:36	02:58	01:44	01:56	17	6	33	-	-	-
6	3929	02:51	03:33	03:41	03:43	16	6	39	-	-	-
7	3442	03:06	03:40	03:48	03:54	16	6	45	-	-	-
8	3940	03:31	03:55	04:03	04:09	17	6	51	2235.19	2	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 2	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 2	7	-	182.58	182	17.8
Xico - 2	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 2	7	-	180.82		
Xico - 2	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 2	28	-	253.26	252	24.6
Xico - 2	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 2	28	-	251.99		
Xico - 2	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 2	28	2	250.20		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	2 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**


No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
9	3926	03:46	04:19	04:27	04:37	16	6	57	-	-	-
10	3930	04:11	04:40	04:48	04:52	17	6	63	-	-	-
11	3942	04:26	04:50	04:58	05:01	17	6	69	-	-	-
12	3442	04:41	05:00	05:08	05:13	16	6	75	-	3	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 3	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 3	7	-	185.28	182	17.8
Xico - 3	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 3	7	-	179.03		
Xico - 3	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 3	28	-	254.87	254	24.8
Xico - 3	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 3	28	-	256.18		
Xico - 3	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 3	28	-	251.17		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 3 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado 02 de Octubre del 2009	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
13	3940	05:06	05:24	05:32	05:42	16	6	81	-	-	-
14	3929	05:21	05:49	05:57	06:00	16	6	87	-	-	-
15	3926	05:46	06:13	06:21	06:27	17	6	93	-	-	-
16	3442	06:01	06:21	06:27	06:39	17	7	100	2216.22	4	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm²)	Final (kg/cm²)	Final (Mpa)
Xico - 4	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 4	7	-	182.80	182	17.8
Xico - 4	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 4	7	-	180.59		
Xico - 4	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 4	28	-	253.29	254	24.8
Xico - 4	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 4	28	-	254.64		
Xico - 4	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 4	28	2	253.55		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 4 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado 02 de Octubre del 2009	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
17	3940	06:45	07:17	07:19	07:21	17	7	107	-	-	-
18	3926	07:08	07:30	07:33	07:39	17	7	114	-	-	-
19	3930	07:23	07:44	07:45	07:49	14	6	120	-	-	-
20	3942	07:37	07:59	08:01	08:04	17	6	126	-	5	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 5	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 5	7	-	181.15	180	17.6
Xico - 5	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 5	7	-	179.81		
Xico - 5	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 5	28	-	250.97	252	24.6
Xico - 5	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 5	28	-	252.02		
Xico - 5	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 5	28	-	252.33		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 5 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
21	3929	07:46	08:28	08:29	08:31	16	6	132	-	-	-
22	3442	07:55	08:29	08:32	08:38	16	6	138	-	-	-
23	3940	08:20	08:44	08:45	08:51	17	6	144	-	-	-
24	3926	08:42	09:15	09:17	09:27	16	6	150	2227.52	6	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 6	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 6	7	-	179.47	180	17.6
Xico - 6	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 6	7	-	179.81		
Xico - 6	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 6	28	-	250.37	251	24.5
Xico - 6	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 6	28	-	251.70		
Xico - 6	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 6	28	2	250.48		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	6 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
25	3930	09:11	09:40	09:41	09:45	17	6	156	-	-	-
26	3942	09:25	09:49	09:50	09:53	17	6	162	-	-	-
27	3442	09:31	09:50	09:55	10:00	16	6	168	-	-	-
28	3940	09:42	10:00	10:03	10:13	16	6	174	-	-	-
29	3929	09:52	10:20	10:22	10:25	16	6	180	-	7	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 7	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 7	7	-	179.81	178	17.4
Xico - 7	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 7	7	-	176.91		
Xico - 7	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 7	28	-	253.40	252	24.7
Xico - 7	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 7	28	-	252.42		
Xico - 7	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 7	28	-	251.10		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Página 7 de 22 Clave de Obra XICO
--	---	---	--

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
30	3926	10:00	10:27	10:29	10:35	17	6	186	-	-	-
31	3930	10:15	10:40	10:43	11:01	17	7	193	-	-	-
32	3942	10:25	10:58	11:04	11:08	17	6	199	-	-	-
33	3442	10:35	11:00	11:10	11:15	16	6	205	2228.13	8	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 8	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 8	7	-	180.13	180	17.6
Xico - 8	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 8	7	-	179.27		
Xico - 8	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 8	28	-	250.23	250	24.5
Xico - 8	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 8	28	-	250.51		
Xico - 8	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 8	28	2	250.42		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	8 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
34	3940	10:42	11:09	11:17	11:21	17	6	211	-	-	-
35	3926	11:04	11:32	11:35	11:44	16	6	217	-	-	-
36	3929	11:32	11:58	12:00	12:08	16	6	223	-	-	-
37	3942	11:40	12:05	12:10	12:24	17	6	229	-	9	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 9	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 9	7	-	180.81	178	17.4
Xico - 9	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 9	7	-	175.08		
Xico - 9	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 9	28	-	252.66	253	24.8
Xico - 9	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 9	28	-	255.27		
Xico - 9	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 9	28	-	252.12		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	9 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
38	3442	12:03	12:30	12:34	12:38	16	6	235	-	-	-
39	3930	12:15	12:40	12:45	12:52	13	6	241	-	-	-
40	3940	12:20	12:53	12:55	13:11	16	6	247	-	-	-
41	3926	12:45	13:08	13:16	13:23	10	6	253	2228.93	10	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 10	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 10	7	-	181.60	180	17.6
Xico - 10	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 10	7	-	178.93		
Xico - 10	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 10	28	-	250.71	251	24.5
Xico - 10	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 10	28	-	250.49		
Xico - 10	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 10	28	2	250.91		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	10 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBÍÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
42	3929	12:52	13:20	13:28	13:32	17	7	260	-	-	-
43	3442	13:06	13:26	13:34	13:40	17	7	267	-	-	-
44	3942	13:20	13:52	13:58	14:04	17	7	274	-	-	-
45	3930	13:30	14:00	14:07	14:09	17	7	281	-	11	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 11	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 11	7	-	183.52	181	17.7
Xico - 11	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 11	7	-	179.09		
Xico - 11	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 11	28	-	253.06	252	24.6
Xico - 11	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 11	28	-	252.96		
Xico - 11	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 11	28	-	250.37		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004 NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002 NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Página 11 de 22 Clave de Obra XICO
--	---	---	---

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	
							Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
46	3940	13:49	14:19	14:21	14:25	17	7	288	-	-	-
47	3926	13:57	14:17	14:25	14:37	16	7	295	-	-	-
48	3929	14:06	14:25	14:29	14:38	16	7	302	2229.94	12	5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 12	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 12	7	-	179.84	180	17.6
Xico - 12	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 12	7	-	180.97		
Xico - 12	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 12	28	-	252.48	252	24.7
Xico - 12	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 12	28	-	252.48		
Xico - 12	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 12	28	2	252.48		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	12 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
49	3442	14:17	14:45	14:48	14:53	16	6	308	-	-	-
50	3942	14:33	14:52	14:55	15:01	17	7	315	-	-	-
51	3930	14:49	15:02	15:03	15:08	17	7	322	-	-	-
52	3940	14:55	15:16	15:20	15:25	17	7	329	-	13	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 13	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 13	7	-	175.93	179	17.5
Xico - 13	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 13	7	-	181.88		
Xico - 13	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 13	28	-	251.20	251	24.6
Xico - 13	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 13	28	-	252.20		
Xico - 13	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 13	28	-	250.42		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 13 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
53	3926	15:09	15:32	15:35	15:43	17	7	336	-	-	-
54	3442	15:19	16:04	16:09	16:14	13	7	343	-	-	-
55	3929	16:05	16:31	16:35	16:42	17	7	350	2230.95	14	5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 14	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 14	7	-	179.25	181	17.7
Xico - 14	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 14	7	-	183.05		
Xico - 14	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 14	28	-	256.36	253	24.7
Xico - 14	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 14	28	-	251.36		
Xico - 14	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 14	28	2	251.20		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 14 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**


No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
56	3942	16:31	16:54	16:55	17:06	17	7	357	-	-	-
57	3930	16:40	17:05	17:08	17:13	16	7	364	-	-	-
58	3940	16:51	17:12	17:13	17:20	14	7	371	-	-	-
59	3926	17:00	17:20	17:24	17:32	16	7	378	-	15	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 15	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 15	7	-	178.02	181	17.7
Xico - 15	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 15	7	-	184.15		
Xico - 15	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 15	28	-	251.87	252	24.6
Xico - 15	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 15	28	-	253.39		
Xico - 15	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 15	28	-	250.91		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	15 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
60	3442	17:10	17:30	17:33	17:39	17	7	385	-	-	-
61	3929	17:18	17:40	17:42	17:50	16	7	392	-	-	-
62	3942	17:33	17:50	17:53	18:01	14	7	399	-	-	-
63	3930	17:50	18:10	18:11	18:18	16	7	406	2221.67	16	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 16	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 16	7	-	184.40	180	17.6
Xico - 16	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 16	7	-	175.40		
Xico - 16	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 16	28	-	252.47	253	24.7
Xico - 16	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 16	28	-	251.97		
Xico - 16	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 16	28	2	253.41		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	16 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
64	3940	18:02	18:15	18:18	18:29	17	7	413	-	-	-
65	3926	18:10	18:35	18:36	18:41	17	7	420	-	-	-
66	3442	18:20	18:44	18:47	18:51	16	7	427	-	17	5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 17	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 17	7	-	186.01	182	17.8
Xico - 17	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 17	7	-	178.30		
Xico - 17	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 17	28	-	252.57	252	24.6
Xico - 17	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 17	28	-	251.20		
Xico - 17	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 17	28	-	251.06		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	17 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

UNAM

No. de Cliente
8

Cliente

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra

Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009
						Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009



CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
67	3929	18:30	19:00	19:02	19:11	14	7	434	-	-	-
68	3942	18:44	19:08	19:12	19:18	17	7	441	-	-	-
69	3930	18:55	19:13	19:15	19:21	17	7	448	-	-	-
70	3940	19:06	19:25	19:28	19:40	14	7	455	2304.02	18	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 18	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 18	7	-	184.04	181	17.7
Xico - 18	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 18	7	-	177.52		
Xico - 18	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 18	28	-	253.96	253	24.8
Xico - 18	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 18	28	-	252.72		
Xico - 18	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 18	28	2	253.41		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009 Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
71	3442	19:20	19:46	19:51	19:58	17	7	462	-	-	-
72	3926	19:30	19:55	19:58	20:08	16	7	469	-	-	-
73	3929	19:38	20:11	20:13	20:20	15	7	476	-	19	5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 19	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 19	7	-	183.77	181	17.7
Xico - 19	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 19	7	-	177.85		
Xico - 19	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 19	28	-	251.51	253	24.7
Xico - 19	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 19	28	-	253.97		
Xico - 19	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 19	28	-	253.01		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 19 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm2 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
74	3942	19:47	20:18	20:19	20:25	17	7	483	-	-	-
75	3930	19:55	20:34	20:37	20:44	17	7	490	-	-	-
76	3940	20:25	20:46	20:48	20:53	16	7	497	-	-	-
77	3442	20:37	20:58	21:03	21:11	17	7	504	2233.37	20	5

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm2)	Final (kg/cm2)	Final (Mpa)
Xico - 20	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 20	7	-	180.28	180	17.6
Xico - 20	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 20	7	-	179.45		
Xico - 20	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 20	28	-	251.68	252	24.6
Xico - 20	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 20	28	-	254.15		
Xico - 20	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 20	28	2	250.28		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 20 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
78	3926	20:47	21:09	21:10	21:21	17	7	511	-	-	-
79	3929	21:04	21:39	21:40	21:43	17	7	518	-	-	-
80	3942	21:14	21:45	21:49	21:55	17	7	525	-	21	5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 21	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 21	7	-	183.83	181	17.7
Xico - 21	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 21	7	-	179.09		
Xico - 21	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 21	28	-	251.76	251	24.5
Xico - 21	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 21	28	-	250.03		
Xico - 21	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 21	28	-	251.25		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	21 de 22
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	Clave de Obra
			XICO

REVISÓ

AUTORIZÓ

RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

INFORME DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO A COMPRESIÓN



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

No. de Cliente
8

Cliente
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

No. de Obra
22

Obra
Autopista México - Tuxpan, Tramo: Nuevo Necaxa - Ávila Camacho

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO

Planta y Premezclador	Resistencia de Proyecto	Volumen (m3)	Tipo de Concreto	T. M. A. (mm)	Revenimiento (cm)	Fecha de Colado	
Cemex Las Pilas, PUE.	250 kg/cm ² 24.5 Mpa	550	Normal	20	14	02 de Octubre del 2009	
							Fechas de Ensaye 09 y 30 de Octubre del 2009

CONTROL DE CONCRETO FRESCO

Revolvedora		Hora				Revenimiento (cm)	Volumen (m3)	Volumen Acumulado (m3)	Masa Unitaria (kg/m3)	No. de Muestra	No. de Cilindros
Remisión	No.	Salida Planta	Llegada Estribo #1	Inicio Colado	Término Colado						
81	3940	21:29	21:55	22:03	22:10	16	7	532	-	-	-
82	3442	21:54	22:19	22:27	22:37	17	7	539	-	-	-
83	3926	22:09	22:42	22:50	22:57	17	7	546	-	-	-
84	3929	22:34	23:05	23:13	23:19	17	7	553	2226.11	22	5
85	3942	22:49	23:28	23:36	23:43	17	7	560	-	-	-

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. de Muestra	Datos de Localización del Elemento	No. de Espécimen	Edad (Días)	Tipo de Falla	Resistencia		
					Cilindro (kg/cm ²)	Final (kg/cm ²)	Final (Mpa)
Xico - 22	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	1 -- 22	7	-	176.40	182	17.8
Xico - 22	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	2 -- 22	7	-	186.91		
Xico - 22	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	3 -- 22	28	-	251.64	252	24.7
Xico - 22	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	4 -- 22	28	-	254.48		
Xico - 22	Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos"	5 -- 22	28	2	251.11		

OBSERVACIONES

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS

	NMX - C - 161 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 109 - ONNCCE - 2004	Página 22 de 22
	NMX - C - 156 - 1997 - ONNCCE	NMX - C - 083 - ONNCCE - 2002	Clave de Obra
	NMX - C - 160 - ONNCCE - 2004	NMX - C - 162 - ONNCCE - 2000	XICO

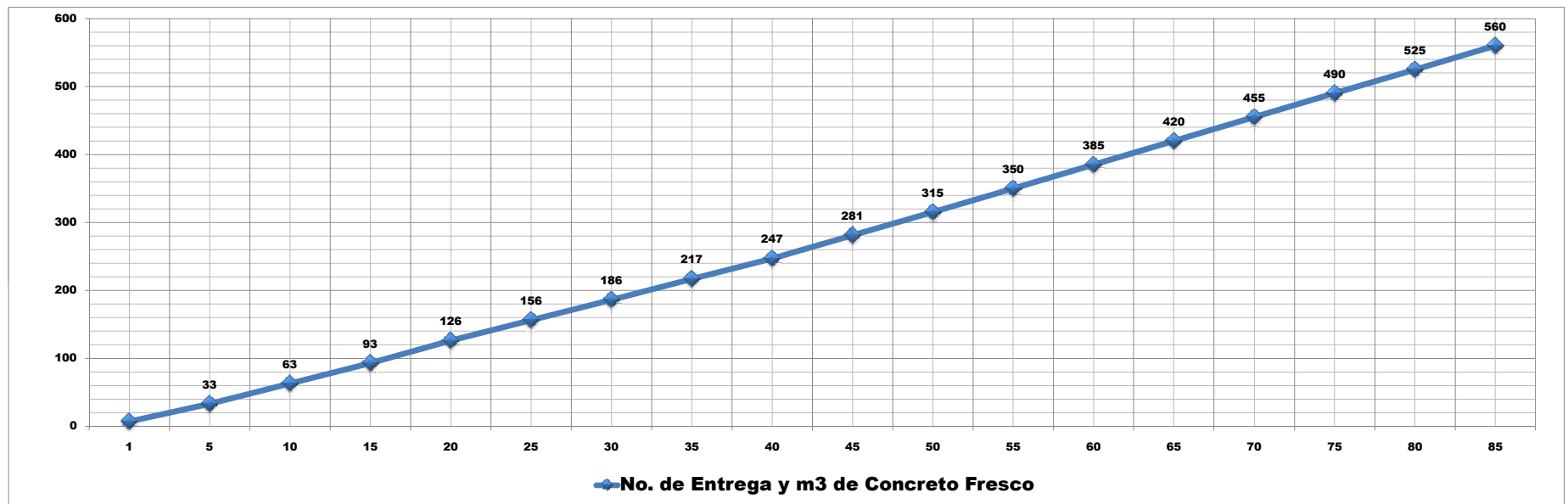
REVISÓ

AUTORIZÓ

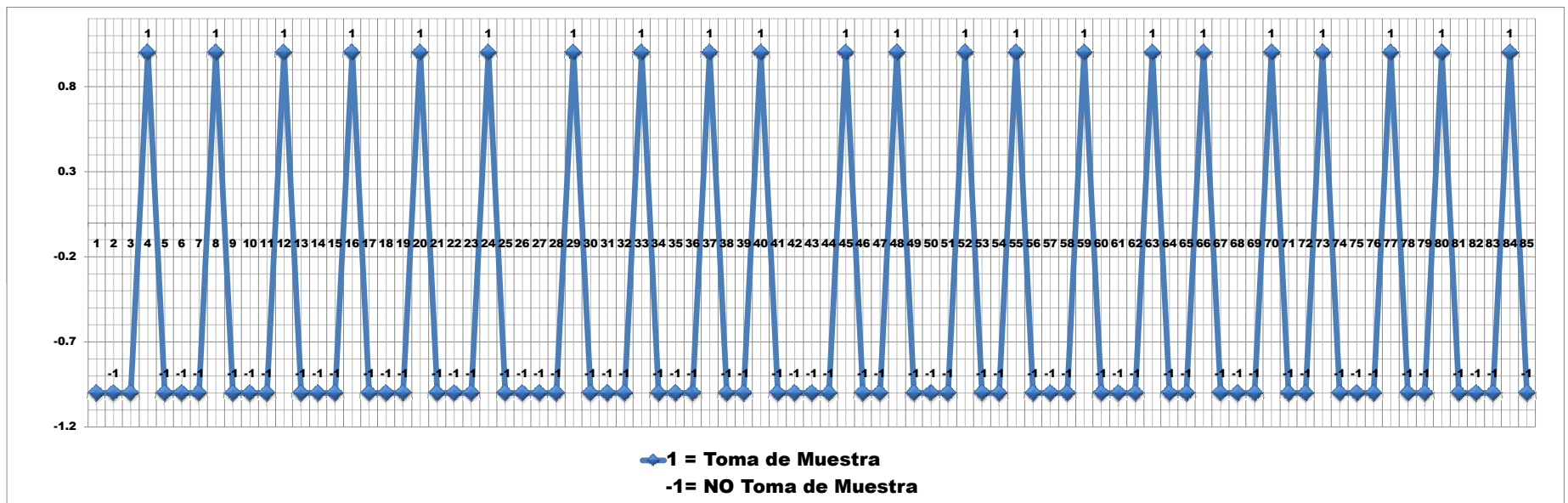
RECIBIÓ

Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Ing. Juan Enrique Rentería Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM
--------------------------------------	--------------------------------------	--

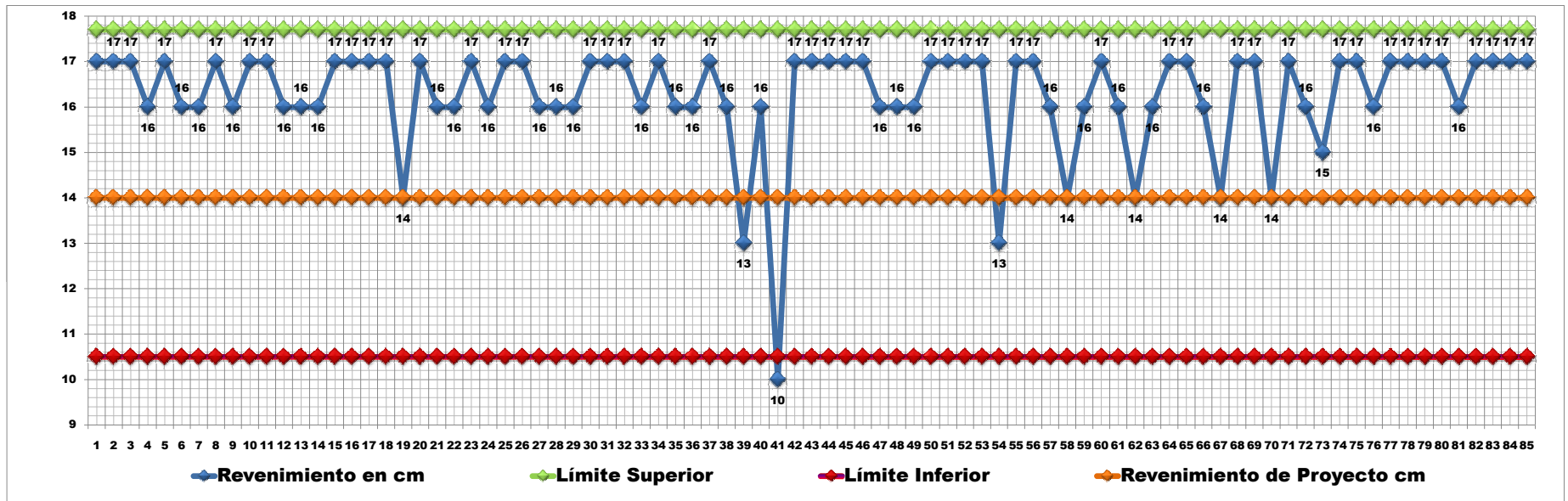
GRÁFICA 1
NMX - C - 161 - ONNCE - 1997 "CONTROL DE VOLUMEN ACUMULADO DE CONCRETO FRESCO (M3)"



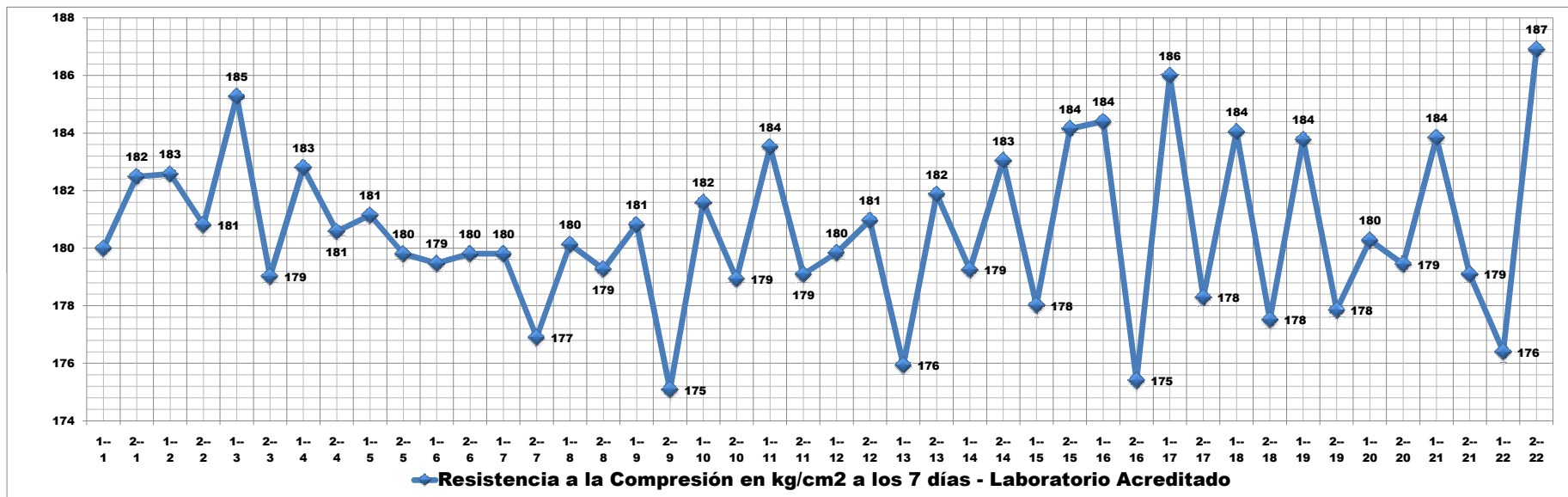
GRÁFICA 2
NMX - C - 161 - ONNCCE - 1997 "FRECUENCIA DE MUESTREO DE CONCRETO FRESCO"



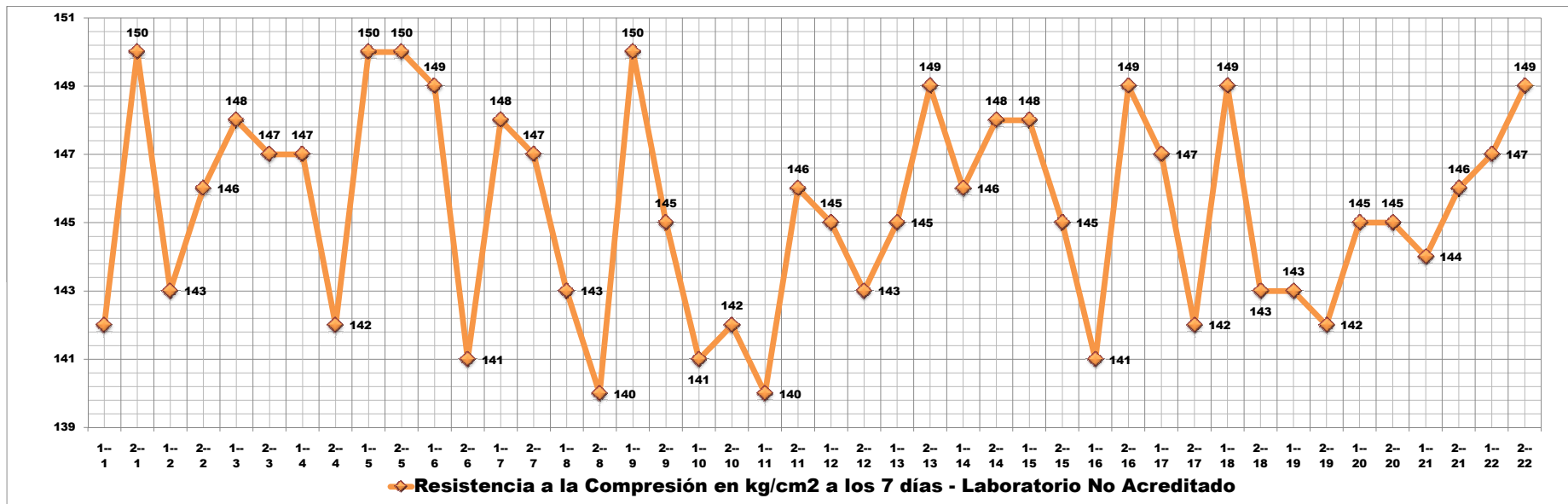
GRÁFICA 3
NMX - C - 156 - ONNCE - 1997 "DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO"



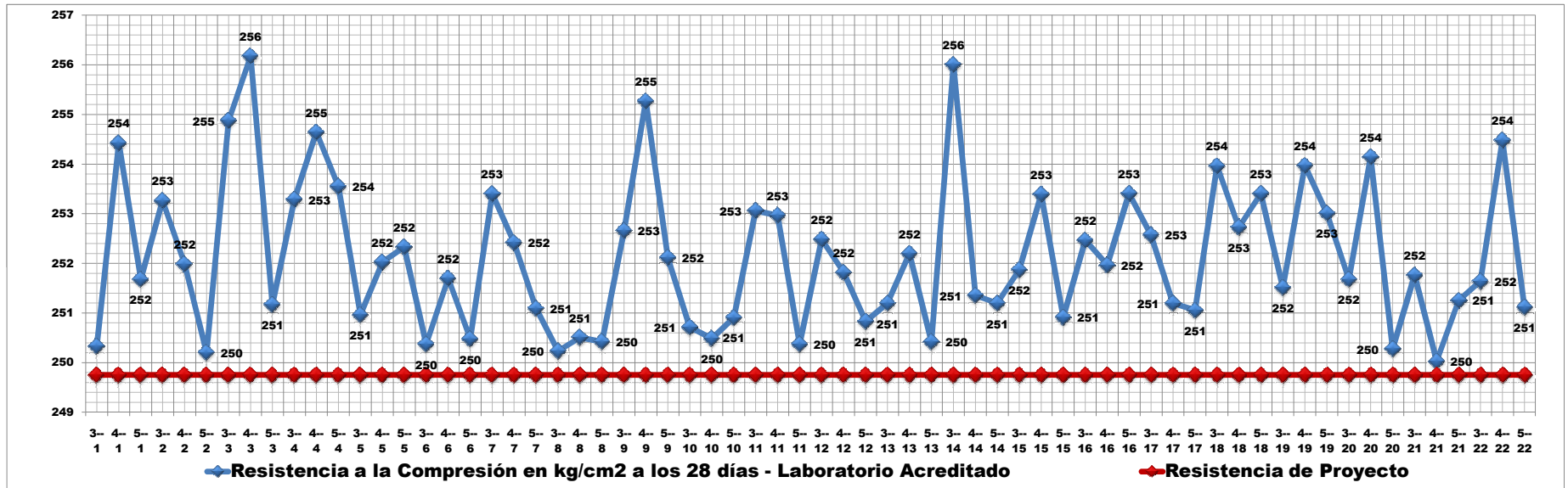
GRÁFICA 4
"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO"
NMX - C - 083 - ONNCE - 2002



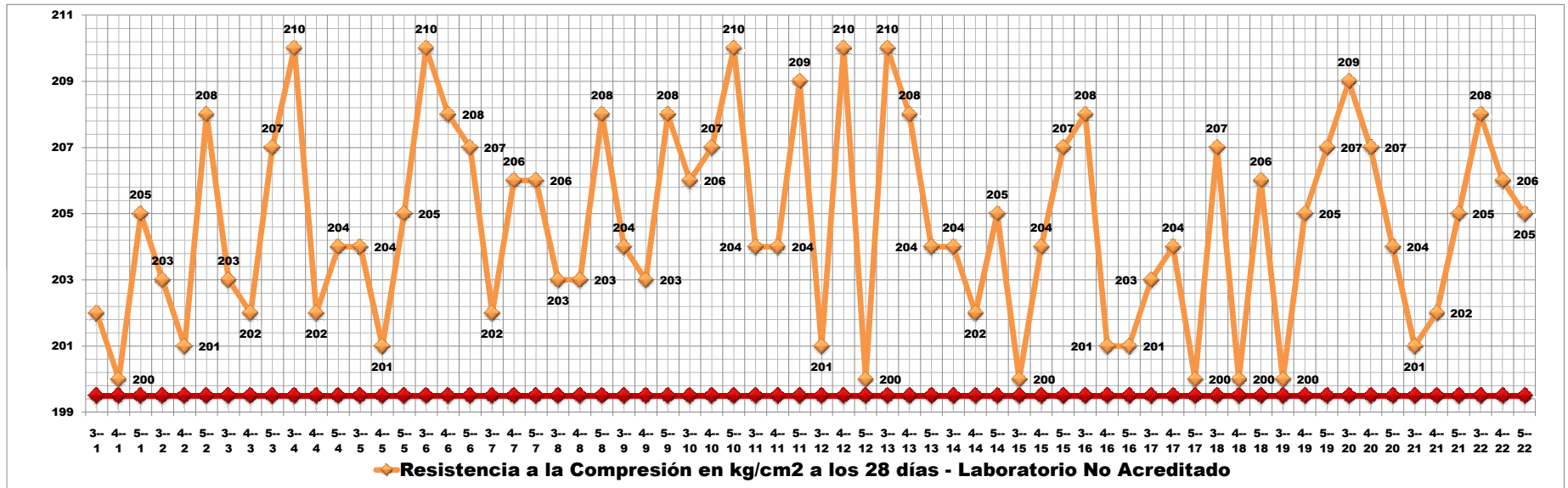
GRÁFICA 5
"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO"
NMX - C - 083 - ONNCE - 2002



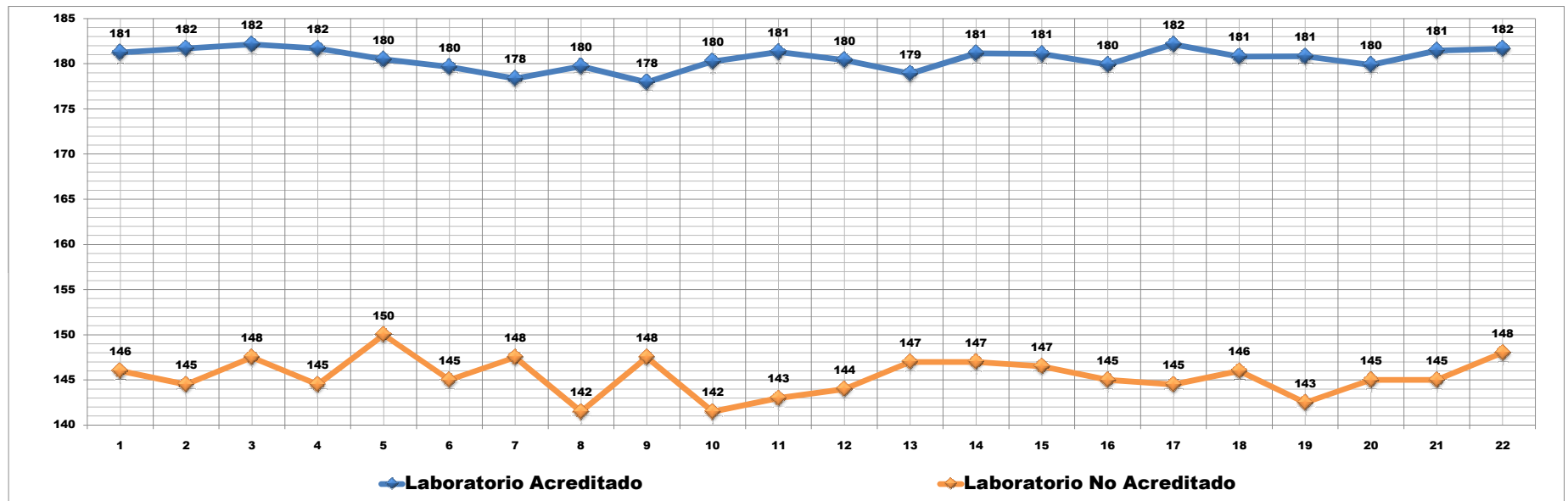
GRÁFICA 6
"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO"
NMX - C - 083 - ONNCE - 2002



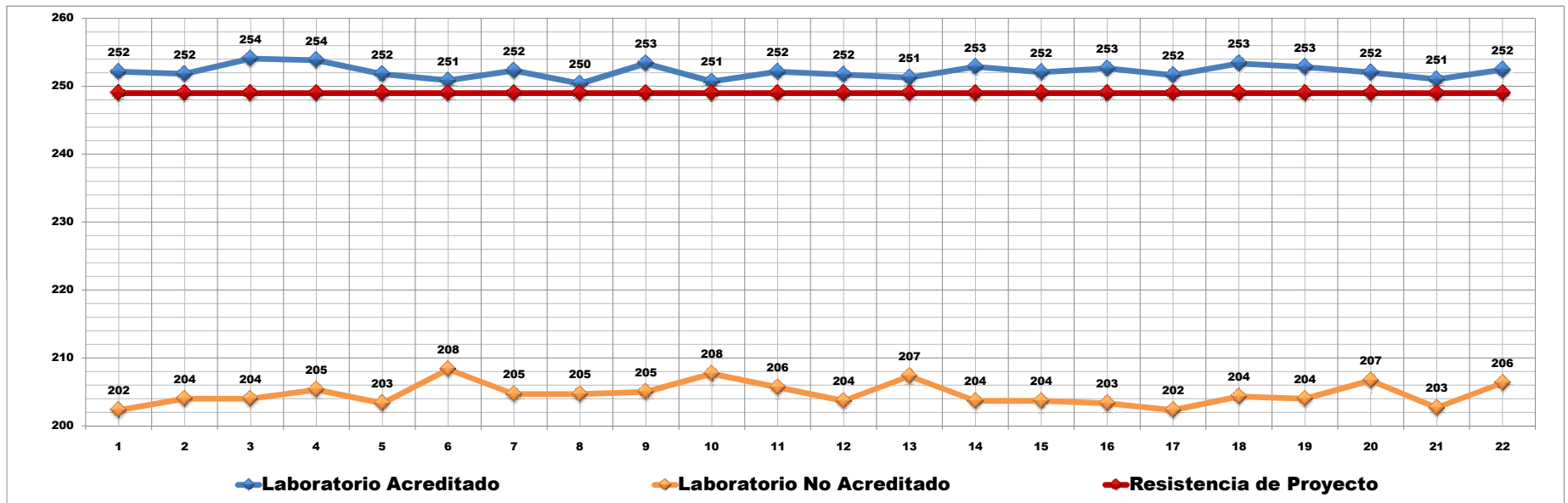
GRÁFICA 7
"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO"
NMX - C - 083 - ONNCE - 2002



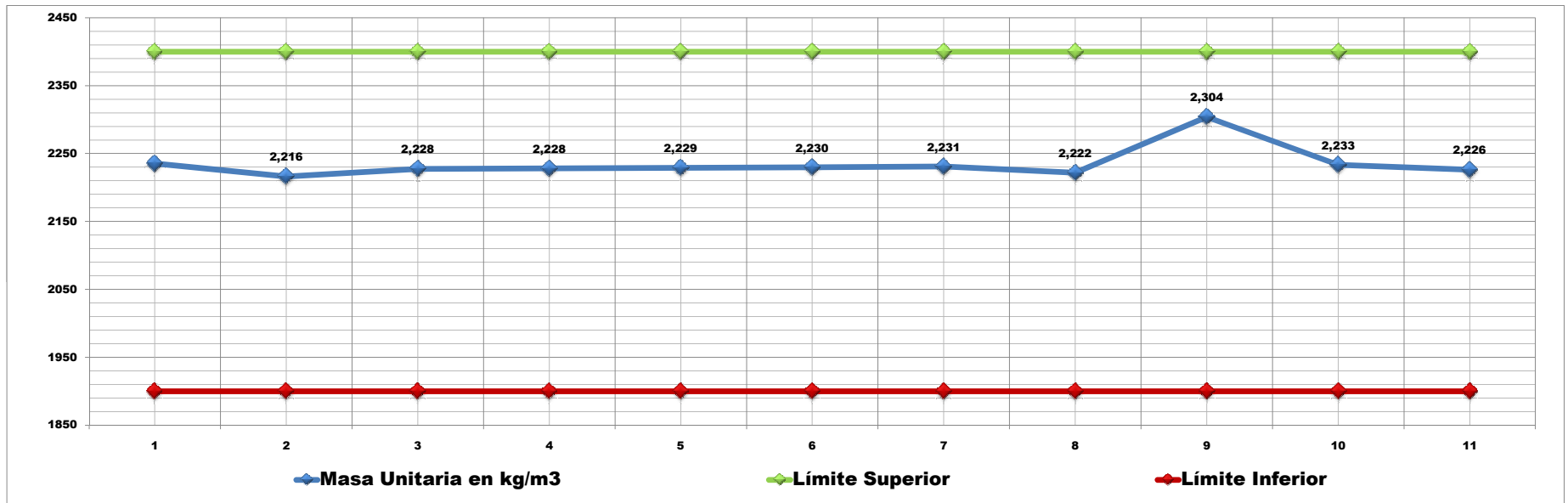
GRÁFICA 8
"PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO A 7 DÍAS"
NMX - C - 083 - ONNCE - 2002



GRÁFICA 9
"PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO A 28 DÍAS"
NMX - C - 083 - ONNCE - 2002



GRÁFICA 10
NMX - C - 162 - ONNCE - 2000 "DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA EN EL CONCRETO FRESCO"



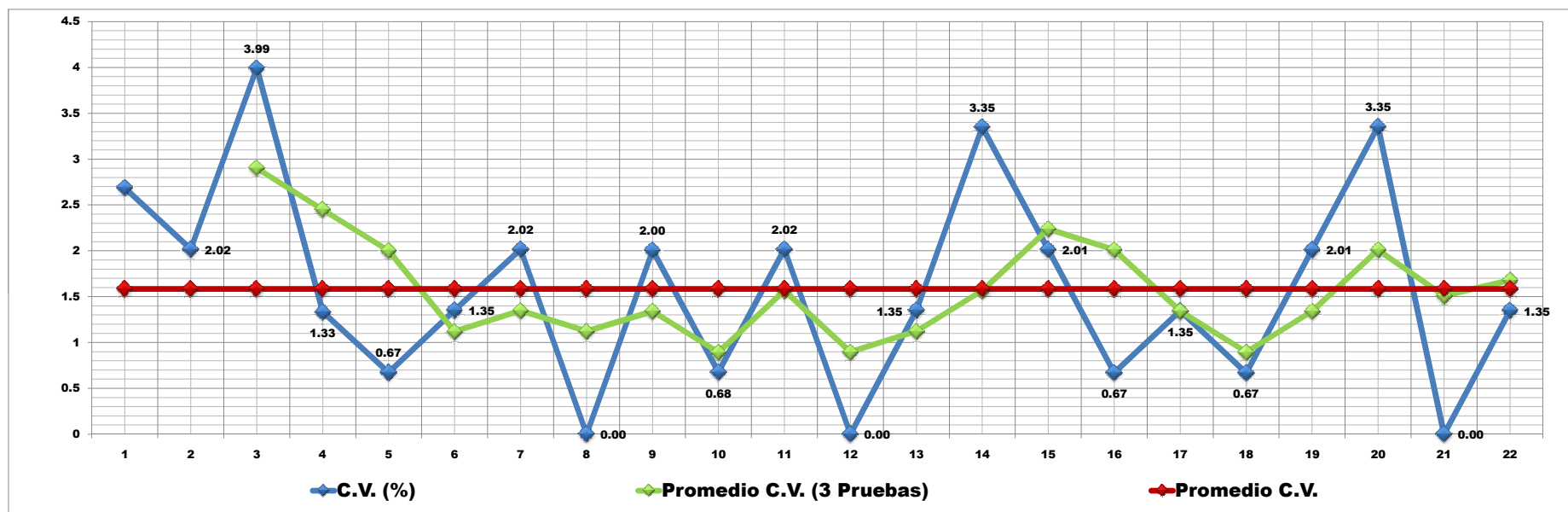
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CILINDROS COMPAÑEROS

No. de Muestra	Resistencia a los 28 días			Intervalo R (kg/cm ²)	Promedio X (kg/cm ²)	σ_1 (kg/cm ²)	C.V. (%)	Promedio C.V. (3 Pruebas)	Promedio C.V.
	Cilindro 3 (kg/cm ²)	Cilindro 4 (kg/cm ²)	Cilindro 5 (kg/cm ²)						
1	250	254	252	4	252	7	2.69		1.59
2	253	250	252	3	252	5	2.02		1.59
3	255	257	251	6	254	10	3.99	2.90	1.59
4	253	255	254	2	254	3	1.33	2.45	1.59
5	251	252	252	1	252	2	0.67	2.00	1.59
6	250	252	250	2	251	3	1.35	1.12	1.59
7	253	252	251	3	252	5	2.02	1.35	1.59
8	250	250	250	0	250	0	0.00	1.12	1.59
9	253	255	252	3	253	5	2.00	1.34	1.59
10	251	250	251	1	251	2	0.68	0.89	1.59
11	253	253	250	3	252	5	2.02	1.57	1.59
12	252	252	252	0	252	0	0.00	0.90	1.59
13	251	252	250	2	251	3	1.35	1.12	1.59
14	256	251	251	5	253	8	3.35	1.57	1.59
15	252	254	251	3	252	5	2.01	2.24	1.59
16	252	252	253	1	252	2	0.67	2.01	1.59
17	253	251	251	2	252	3	1.35	1.34	1.59
18	254	253	253	1	253	2	0.67	0.89	1.59
19	251	254	253	3	253	5	2.01	1.34	1.59
20	252	255	250	5	252	8	3.35	2.01	1.59
21	252	250	251	2	251	0	0.00	1.51	1.59
22	252	250	251	2	251	3	1.35	1.68	1.59
Promedio =				2.45	252	4.00	1.59		
						Máximo =	3.99		

f = 1.693

f= Factor que depende del número de especímenes compañeros

GRÁFICA 11
NMX - C - 083 - ONNCCE - 2000 "ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CILINDROS COMPAÑEROS"



C O N C L U S I O N E S

Este trabajo de **Tesis** proporciona una guía para la mejora continua en sistemas de calidad para proyectos de construcciones de concreto, ya que toma como base parámetros en función de la identificación de objetivos particulares de calidad, los cuales deben ser implementados por todos los participantes del proyecto, por ello se analiza un caso real, en el cual se realizan las pruebas básicas al material, por dos laboratorios distintos, uno de los cuales esta acreditado por la **EMA**, ya que cumple con la acreditación necesaria y el otro no. La idea es comparar los resultados de ambos y concluir acerca de la conveniencia de invertir más, para obtener resultados técnicamente satisfactorios y al final, también económicos.

Para proyectos de gran magnitud siempre será importante que las organizaciones que lo realizarán, desarrollen un plan o sistema de calidad, el cual consiste en establecer los objetivos y requisitos para alcanzar la meta deseada, ya que son específicos para cada tipo de proyecto y así poder cumplir con el control de calidad, es decir, con las técnicas operacionales para satisfacer los requisitos de la misma, procurando que el resultado sea rentable económicamente.

Una vez conformado el equipo que participará en el proyecto deben realizarse reuniones periódicamente; dichas reuniones deben incluir al propietario o al representante del propietario, al contratista, a los principales subcontratistas, representantes de dependencias y al laboratorio de pruebas acreditado.

De aquí la importancia de estar enterado de los objetivos específicos del cliente para poder satisfacer la calidad solicitada, por ejemplo, la requerida en caso de que se contraten los servicios específicos con base en los 6 procedimientos indicados en el presente trabajo de **Tesis**, ya que cada actividad de construcción es única, debido a que las condiciones y requisitos para cada proyecto son variables y diferentes.

Tomando como base que los resultados de las 6 pruebas básicas para el concreto, fueron verificados respecto a documentos convenientes que respaldan su dictamen, es decir, en normas mexicanas las cuales son capaces de indicarnos el cumplimiento del producto o la falta de calidad del mismo, podemos asegurar que los resultados obtenidos por los dos laboratorios cuyas pruebas se analizan, son comparados contra parámetros eficaces.

Es importante mencionar que de acuerdo con la política de calidad del laboratorio acreditado, la cual nos compromete a aplicar un sistema de calidad con base en la norma mexicana **NMX-EC-17025-INMC-2006** en las actividades de muestreo, revenimiento, elaboración y curado, cabeceo, determinación de la resistencia a la compresión y la masa unitaria, es decir, en las 6 pruebas básicas para el concreto, además de realizarlas con el personal técnicamente capacitado, nos permitirá alcanzar la completa satisfacción del cliente manteniendo la mejora continua.

Cabe destacar que la política de calidad también nos compromete en lo referente a las metas dentro de la industria de la construcción de estructuras de concreto, ya que debemos cumplir con las expectativas y necesidades del cliente, realizando los trabajos con eficiencia en tiempo y al más bajo costo posible, con calidad, actualizándonos con las técnicas más avanzadas en la toma de decisiones, redundando en una mejora continua para el beneficio común, estableciendo procedimientos para controlar, calibrar y mantener los equipos, aparatos e instrumentos de medición, con el fin de demostrar la veracidad del producto respecto a los requisitos solicitados.

De acuerdo a lo antes mencionado, a lo indicado en el capítulo anterior y tomando como base que una de las principales características del concreto es la resistencia a la compresión, después de analizar la Gráfica 11 correspondiente al análisis estadístico de cilindros compañeros, basándonos en el documento ACI-214, determinamos que nuestro proceso de muestreo y elaboración de cilindros en campo, así como el curado, cabeceo y ensaye de los especímenes en el laboratorio es muy bueno (Ver Tabla 23), por lo que podemos asegurar que los procedimientos se encuentran dentro de los parámetros que indica la norma correspondiente.

TABLA 23

VARIACIÓN DE RESULTADOS EN LAS PRUEBAS					
Clase de Operación	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Control de Pruebas	Menor a 3.0	De 3.0 a 4.0	De 4.0 a 5.0	De 5.0 a 6.0	Mayor a 6.0

En la Gráfica 11 se observa el comportamiento del coeficiente de variación, el cual nos indica la diferencia que existe entre las resistencias de los cilindros compañeros, los cuales fueron elaborados de la misma muestra. Además, es importante mencionar que solo 3 valores son superiores al valor de 3.0, por tal motivo no alcanzamos a obtener el parámetro de excelencia; sin embargo, el resultado del estudio para este trabajo de **Tesis** como ya se mencionó es muy bueno.

El hecho de que las pruebas se realicen en un laboratorio acreditado por la **EMA**, no significa que nos vaya a dar los resultados esperados de resistencia, más bien, quiere decir que el hecho de que el laboratorio acreditado realice las 6 pruebas básicas para el concreto con base en procedimientos avalados por organismos tanto nacionales como internacionales nos da la seguridad de que las resistencias del concreto son las reales.

De la misma forma, el hecho de que las pruebas se realicen en un laboratorio no acreditado por el **EMA**, no significa que no pueda proporcionar datos confiables, mas bien, y como se verificó en este Trabajo de Investigación quiere decir que en alguna parte de todos los procedimientos ya mencionados, como lo pudimos comprobar en algunos de los capítulos anteriores, no cumplió al 100% con los procedimientos indicados en las presentes normas mexicanas, motivo por el cual es obvio obtener resultados de resistencia diferentes a los reales.

A continuación es importante mencionar los motivos principales por los cuales los resultados obtenidos por el laboratorio no acreditado presentan una diferencia de entre el 15% y el 20% en promedio respecto a la resistencia de los cilindros y por los cuales se obtuvieron bajas resistencias en el concreto:

- Elaboración de pruebas por personal no capacitado.
- Mal muestreo.
- Mala elaboración de cilindros.
- Defectos en el procedimiento de curado.
- Defectos en el procedimiento de almacenamiento y/o traslado.
- Defectos en el procedimiento de cabeceo.
- Prensa mal calibrada.
- Mala operación del operador al realizar el ensaye.
- Mal manejo de los cilindros en estado fresco

Conclusión

Después de haber realizado este trabajo de **Tesis**, podemos concluir que las pruebas deben ser efectuadas por un laboratorio acreditado bajo la norma mexicana **NMX-EC-17025-INMC-2006**, ya que es evidente la variación que existe entre los resultados obtenidos por ambos laboratorios respecto a la resistencia a la compresión del concreto principalmente.

Además, debemos hacer conciencia de que la calidad en la construcción de estructuras de concreto es inapelable, es decir, un material tan importante utilizado en la industria de la construcción debe cumplir con todos los requerimientos necesarios, aunque esta acción implique invertir económicamente para garantizar su utilidad.

Por ejemplo, recordemos que el elemento de donde se tomaron las muestras para realizar este trabajo de **Tesis** fue en la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos", en ella se realizó un colado masivo de 550 m³ de concreto, ahora bien, imaginemos que después de un periodo nos percatamos de que el concreto suministrado en el colado no cumple con los estándares de calidad, lo cual nos llevará a sobrecostos para reparar el problema existente, que pueden ser de considerable valor.

Siendo exigentes, el hecho de que un elemento estructural de concreto con estas características no cumpla con la resistencia de proyecto, significa que existe la posibilidad de demolerlo y por lo tanto volver a construirlo, lo que implica el costo del retrabajo debido a la cantidad de material como concreto y acero de refuerzo principalmente, así como la mano de obra y el tiempo desperdiciado, o bien el costo del refuerzo necesario para que el elemento de concreto resista los esfuerzos de diseño.

Por tal motivo no debemos permitir que durante la construcción de estructuras de concreto no se tomen las medidas adecuadas de control de calidad, ya que estaríamos hablando de meses de retraso en el programa de obra, debido a la reconstrucción del elemento, así como de esperar los tiempos necesarios para verificar los resultados de las pruebas adicionales y así garantizar la construcción de la siguiente etapa.

Para tener una idea más clara de lo que puede significar económicamente en la industria de la construcción este tipo de errores, les presento básicamente 3 presupuestos, en el primero (Ver Presupuesto Retrabajos Cimentación) podemos apreciar el costo aproximado correspondiente a la construcción de la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos", es importante mencionar que en el peor de los casos en donde se lleve a cabo la demolición, el importe mostrado deberá multiplicarse por 2 y así obtener el costo total incluida la reconstrucción del elemento.

Ahora bien, en el segundo (Ver Presupuesto de Verificación de Concreto) les presento el costo referente únicamente a los servicios específicos con base en los 6 procedimientos indicados en el presente trabajo de **Tesis**, el presupuesto está desglosado por prueba e incluye la descripción de la misma, cargo directo por el costo de la mano de obra para realizarla, limpieza del área, equipo de seguridad, depreciación y demás derivados del uso de herramienta y equipo para realizarla de acuerdo a la frecuencia y el procedimiento indicado en las normas mexicanas vigentes.

Finalmente en el tercero (Ver Presupuesto Trabajo de Investigación) podemos observar el costo del Trabajo de Investigación correspondiente al presente trabajo de **Tesis**, el cual podemos tomar como base de presupuesto final para realizar un comparativo del costo - beneficio que se requiere para cumplir con los estándares de calidad y así poder garantizar la calidad en la construcción de estructuras de concreto con base en las 6 pruebas básicas.

Podemos concluir para este caso en particular, que el costo de la inversión que se tiene que realizar para garantizar la calidad en las construcciones de concreto es considerablemente bajo o mínimo respecto al costo del elemento o peor aún, al hecho de demolerlo y volverlo a construir, ya que estamos hablando de una inversión cercana al 1.4% del costo de la obra civil, por estas razones se invita a la comunidad de la Ingeniería Civil a cumplir con los procedimientos que indica la normativa establecida, siempre tomando las precauciones necesarias, así como asegurarnos de contar con el apoyo competente de instituciones o laboratorios reconocidos tanto a nivel nacional como internacional, ya que como sabemos los errores en la industria de la construcción cuestan mucho dinero.

De acuerdo a lo antes mencionado, siempre será importante que el contratista o la supervisión, establezcan actividades para verificar que se cumplan con los requisitos del producto, por ejemplo, una medida puede ser el asegurar que se realicen con base en los procedimientos de las pruebas de concreto, o bien, establecer procedimientos para identificar los problemas y posteriormente implementar acciones, ya que el incumplimiento significativo de la calidad, nos indica que el problema debe tratarse por medio de acciones correctivas apropiadas que deben excluir condiciones futuras de incumplimiento de los requisitos.

Cualquier acción correctiva o preventiva que se utilice para eliminar las causas de las no conformidades reales o potenciales debe realizarse respecto a un grado apropiado respecto a la magnitud del problema, es decir, proporcional al riesgo encontrado, ya que cualquier cambio en los procedimientos deben implementarse y registrarse de inmediato.

De igual forma, el contratista o la supervisión deben establecer procedimientos para asegurar que el concreto que no cumpla con los requisitos especificados no vaya a utilizarse en la estructura de la obra para el cual fue requerido, ya que el control incluye encargarse de la identificación, la evaluación, la documentación, la separación y la notificación de los elementos antes mencionados.

Al referirnos a un concreto que no cumple con la calidad requerida como lo demuestran los resultados obtenidos por el laboratorio no acreditado, las categorías de su disposición son las siguientes:

- Mejora: Después de haber realizado la evaluación correspondiente se determina que es factible que el concreto se lleve a una condición aceptable, aunque el concreto reparado no cumpla con la totalidad de los requisitos originales, por ejemplo, con la utilización de aditivos.
- Reelaboración: Es imposible que el concreto se acerque a los requisitos originales a través de todos los medios posibles, por lo tanto la única solución es volverlo a elaborar.

- Aceptado tal cual: Cuando se determina que el concreto cumple con la calidad requerida después de haber realizado una evaluación debido a que en teoría el concreto no cumplía con los requisitos originales.
- Rechazo: Cuando se determina que el concreto no es apropiado para los propósitos requeridos ya que no puede aceptarse tal cual, reelaborarse o mejorarse.

Es importante mencionar que en caso de que el concreto sea reelaborado, éste deberá ser nuevamente evaluado respecto a los requisitos originales, a diferencia de que si el concreto es mejorado deberán proporcionarse los criterios de aceptabilidad ya que podría no cumplir con los requisitos originales.

Este trabajo de **Tesis** se basa únicamente en las 6 pruebas básicas para el concreto, si bien hemos hablado de pruebas realizadas para el concreto fresco es importante mencionar que también existen pruebas para verificar la resistencia del concreto en estado endurecido, por ejemplo, la prueba para obtener núcleos de concreto endurecido con base en la norma mexicana NMX-C-169-1997-ONNCCE, nos puede dar otro criterio adicional para conocer la resistencia real del concreto en la Zapata del Estribo #1 del Puente "San Marcos".

En caso de que la resistencia proporcionada por la prueba de corazones sea mayor a la reportada en el informe de verificación de la calidad del concreto a compresión, la siguiente recomendación no es válida, por el contrario, en caso de que sea similar aplica la recomendación.

Recomendación

El hecho de que nuestros resultados sean aceptables, no significa que no se pueda mejorar la calidad del concreto como tal, si bien es cierto que el promedio de nuestras resistencias es superior a los 250 kg/cm² por lo que es válido mencionar que cumple respecto al solicitado por el proyecto, también es una realidad que se está trabajando al límite permisible debido a que no cuenta con un rango óptimo de seguridad, por lo tanto se debe recomendar a la planta de producción de concreto a modificar el diseño de la mezcla, es decir, que se solicite y apruebe un cambio en la dosificación como podría ser en los agregados para que el concreto eleve entre un 5% y 10% su resistencia.

Por último, es importante mencionar que para obtener un costo menor al realizado en el presente Trabajo de Investigación, referente a los servicios específicos indicados en el presente trabajo de **Tesis**, se recomienda contratar un laboratorio acreditado lo más cercano posible a la obra, ya que existen laboratorios que prestan estos servicios en todo el país. Anexo al final de las conclusiones el costo del Trabajo de Investigación correspondiente al presente trabajo de **Tesis**.

Por todas las razones explicadas anteriormente, tuve que realizar el Trabajo de Investigación en estas circunstancias, ya que me llamó la atención el hecho de realizar las pruebas o el estudio en un proyecto real, además de que representaba un reto personal el realizarlo, ya que como ingenieros civiles tenemos la obligación de servir a la sociedad creando la infraestructura necesaria para el crecimiento del país en cualquier comunidad donde se realice la construcción.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Departamento de Construcción

Planta baja del edificio de la División de Ingenierías Civil y Geomática

Facultad de Ingeniería

Circuito escolar exterior s/n, Cd. Universitaria.

Coyoacán, México, D.F.

C.P. 04510, Teléfono: 5622-8004 y 5622-3021

Anexo a continuación el costo del Trabajo de Investigación correspondiente al presente trabajo de **Tesis**, el cual consiste en la elaboración de las 6 pruebas básicas para el concreto hechas en el colado masivo que se realizó en la construcción de la Zapata del Estribo #1 del Puente “San Marcos” en Xicotepec, Las Pilas, PUE., ubicado en la Carretera México - Tuxpan, en el tramo carretero Nuevo Necaxa - Ávila Camacho.

Ubicación de la Obra:

- Puente “San Marcos”, Xicotepec, las Pilas, PUE.

Alcances:

De acuerdo a la solicitud presentada para este trabajo de **Tesis**, el servicio incluye los siguientes aspectos:

- Realizar las 6 pruebas básicas para concreto con base en los procedimientos de un laboratorio acreditado bajo la norma mexicana **NMX-EC-17025-IMNC-2006**.
- Proporcionar un equipo de 3 técnicos de laboratorio para realizar las 6 pruebas básicas para el concreto, los cuales se encargarán de hacer los arreglos necesarios en la obra con el fin de contar con un área adecuada para realizar las mismas.
- Atención del personal calificado durante todo el tiempo que dure el colado masivo, así como proporcionar todo el equipo necesario para realizar las 6 pruebas básicas para concreto.
- Elaboración de informes y entrega de resultados por cada muestra con los resultados finales de las pruebas básicas para el concreto según sea el caso.
- El laboratorio acreditado está obligado a entregar al cliente el formato de encuesta para evaluar el servicio recibido.

Tiempo De Duración Del Servicio En Sitio:

- Cinco días para toma y transporte de muestras México - Obra - México, 2 días para realizar el ensaye en el laboratorio acreditado, más todo el tiempo necesario para concluir el Trabajo de Investigación.

Observaciones:

- En caso de ser necesario personal adicional por condiciones de la obra, se deberá solicitar por escrito al laboratorio.
- Los precios anotados son más el 16% de I.V.A.
- La forma de pago debe ser del 100% o bien el 50% de anticipo y el 50% restante contra entrega de los informes de resultados.
- Para poder programar el servicio se debe realizar el depósito a la cuenta a nombre del laboratorio acreditado.
- Cualquier trabajo adicional no considerado en el presente trabajo de **Tesis** debe cobrarse de acuerdo a los precios de nuestra lista vigente.
- Se requiere de una semana de anticipación para programar la visita.
- El alcance del acreditamiento se puede consultar en la página www.ema.org.mx
- Las muestras, en caso de llevarse a cabo el servicio, se conservarán por un periodo de 30 días a partir de la entrega del reporte.
- El presente costo tiene una vigencia al 31 de diciembre del 2009.

Costo Del Trabajo De Investigación:

- El costo por el servicio es de **\$58,975.00 (Cincuenta y Ocho mil Novecientos Setenta y Cinco pesos 00/100 M.N.)** mas el I.V.A. (Ver Presupuesto Trabajo de Investigación)

**PRESUPUESTO RETRABAJOS CIMENTACIÓN
"ZAPATA DEL ESTRIBO #1 DEL PUENTE SAN MARCOS"**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLUMEN CATÁLOGO	P.U.	IMPORTE
1.- DEMOLICIÓN					
OC-001	DEMOLICIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO MEDIDA EN SITIO, EJECUTADA EN FORMA MECÁNICA USANDO EQUIPO NEUMÁTICO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, CORTE DE ACERO DE REFUERZO, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, INSTALACIONES ESPECÍFICAS, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.	M3	550.00	\$1,350.08	\$ 742,544.00
TOTAL		1.- DEMOLICIÓN		\$ 742,544.00	
2.- ACARREO					
OC-002	ACARREO EN CAMIÓN. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA QUE INTERVENGA, COSTO HORARIO EFECTIVO, CARGA SEGÚN EL CASO Y DESCARGA AL BANCO DE DESPERDICIO AUTORIZADO, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO.	M3	550.00	\$106.48	\$ 58,564.00
TOTAL		2.- ACARREO		\$ 58,564.00	
3.- ACERO DE REFUERZO					
OC-003	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO (Fy=4200 KG/CM2) EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LOS MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA QUE INTERVENGAN, FLETE A OBRA, HABILITADO, DESPERDICIO, ACARREO HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN, ELEVACIÓN, SILLETAS, TRASLAPES, LIMPIEZA Y RETIRO DE SOBANTES FUERA DE OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, INSTALACIONES ESPECÍFICAS, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS CARGOS DERIVADOS DEL USO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA EN CIMENTACIÓN.	TON.	25.00	\$18,132.52	\$ 453,313.00
TOTAL		3.- ACERO DE REFUERZO		\$ 453,313.00	
4.- CIMBRA					
OC-004	CIMBRA DE MADERA Y DESCIMBRA EN CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA. INCLUYE: CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LOS MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA QUE INTERVENGAN, HABILITADO, DESMONTAJE, FLETE A OBRA, DESPERDICIO, ACARREO HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN, CLAVO, ALAMBRE RECOCIDO DEL NO.18, CHAFLÁN, DESMOLDANTE, MANTENIMIENTO Y RETIRO CON RECUPERACIÓN A FAVOR DEL CONTRATISTA, LIMPIEZA Y RETIRO DE SOBANTES FUERA DE OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, INSTALACIONES ESPECÍFICAS, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS CARGOS DERIVADOS DEL USO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA EN CUALQUIER NIVEL COMÚN EN ZAPATAS, CONTRA TRABES, DADOS Y TRABES DE LIGA.	M2	160.00	\$260.19	\$ 41,630.40
TOTAL		4.- CIMBRA		\$ 41,630.40	
5.- CONCRETO					
OC-005	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=250 KG/CM2 CLASE I (CON PESO VOLUMÉTRICO EN ESTADO FRESCO SUPERIOR A 1.8 TON/M3, AGREGADO MÁXIMO DE 20 MM Y REVENIMIENTO DE 14 CM PARA SER BOMBEADO). EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: BOMBEO DE CONCRETO PREMEZCLADO, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LOS MATERIALES, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA QUE INTERVENGAN, FLETE A OBRA, VERTIDO Y ELEVACIÓN HASTA EL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y RETIRO DE SOBANTES FUERA DE OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, INSTALACIONES ESPECÍFICAS, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS CARGOS DERIVADOS DEL USO DE EQUIPO Y HERRAMIENTA EN CUALQUIER NIVEL.	M3	550.00	\$1,890.58	\$ 1,039,819.00
TOTAL		5.- CONCRETO		\$ 1,039,819.00	
GRAN TOTAL (SIN IVA)					\$ 2,335,870.40
IVA					\$ 373,739.26
GRAN TOTAL (CON IVA)					\$ 2,709,609.66

**PRESUPUESTO DE VERIFICACION DE CONCRETO
"ZAPATA DEL ESTRIBO #1 DEL PUENTE SAN MARCOS"**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLUMEN CATÁLOGO	P.U.	IMPORTE
1.- NMX-C-161-1997-ONNCE					
LA-01-001	MUESTREO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: OBTENER MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE CONCRETO FRESCO ENTREGADO EN SITIO, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA EL MUESTREO. EL CONCRETO SERÁ MUESTREADO CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	ENTREGA	85.00	\$75.00	\$ 6,375.00
		TOTAL	1.- NMX-C-161-1997-ONNCE		\$ 6,375.00
2.- NMX-C-156-1997-ONNCE					
LA-01-002	DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: DETERMINAR LA CONSISTENCIA, TRABAJABILIDAD O FLUIDEZ DEL CONCRETO FRESCO CON AGREGADO MENOR A 50 MM MEDIANTE LA PRUEBA DEL REVENIMIENTO, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA DETERMINAR EL REVENIMIENTO. EL CONCRETO SERÁ MUESTREADO CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	ENTREGA	85.00	\$75.00	\$ 6,375.00
		TOTAL	2.- NMX-C-156-1997-ONNCE		\$ 6,375.00
3.- NMX-C-160-ONNCE-2004					
LA-01-003	ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS DE CONCRETO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: ELABORAR 5 ESPECÍMENES CILINDRICOS DE CONCRETO POR MUESTRA, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA LA ELABORACIÓN. LOS CILINDROS DE CONCRETO SERÁN ELABORADOS CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	MUESTRA	22.00	\$125.00	\$ 2,750.00
		TOTAL	3.- NMX-C-160-ONNCE-2004		\$ 2,750.00
4.- NMX-C-109-ONNCE-2004					
LA-01-004	CABECEO DE ESPECÍMENES CILINDRICOS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CEBECEAR CON MORTERO DE AZUFRE 5 ESPECÍMENES CILINDRICOS DE CONCRETO POR MUESTRA PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE PLANICIDAD Y PERPENDICULARIDAD, CURADO EN LABORATORIO PREVIO AL CABECEO, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA REALIZAR EL CABECEO. LOS CILINDROS DE CONCRETO SERÁN CABECEADOS CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	MUESTRA	22.00	\$200.00	\$ 4,400.00
		TOTAL	4.- NMX-C-109-ONNCE-2004		\$ 4,400.00
5.- NMX-C-083-ONNCE-2002					
LA-01-005	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDRICOS DE CONCRETO CON PRESNA HIDRÁULICA ELÉCTRICA DIGITAL CON CILINDRO DE REGRESIÓN AUTOMÁTICA E INDICADOR DIGITAL CR-2K. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: REALIZAR EL ENSAYE DE 5 CILINDROS DE CONCRETO POR MUESTRA, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA REALIZAR EL ENSAYE. LOS CILINDROS DE CONCRETO SERÁN ENSAYADOS CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	MUESTRA	22.00	\$100.00	\$ 2,200.00
		TOTAL	5.- NMX-C-083-ONNCE-2002		\$ 2,200.00
6.- NMX-C-162-ONNCE-2000					
LA-01-006	DETERMINACION DE LA MASA UNITARIA EN EL CONCRETO FRESCO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: OBTENER LA MASA UNITARIA EN EL CONCRETO FRESCO CON TRABAJABILIDAD ALTA ENTREGADO EN SITIO, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA CÁLCULO DE LA MASA UNITARIA. EL CONCRETO SERÁ MUESTREADO CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	ENTREGA	11.00	\$225.00	\$ 2,475.00
		TOTAL	6.- NMX-C-162-ONNCE-2000		\$ 2,475.00
GRAN TOTAL (SIN IVA)					\$ 24,575.00
IVA					\$ 3,932.00
GRAN TOTAL (CON IVA)					\$ 28,507.00

**PRESUPUESTO TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
"ZAPATA DEL ESTRIBO #1 DEL PUENTE SAN MARCOS"**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLUMEN CATÁLOGO	P.U.	IMPORTE
1.- NMX-EC-17025-INMC-2006					
OC-01-001	ELABORACIÓN DE LA 6 PRUEBAS BÁSICAS PARA EL CONCRETO CON BASE EN LOS PROCEDIMIENTOS DE UN LABORATORIO ACREDITADO BAJO LA NORMA MEXICANA NMX-EC-17025-INMC-2006. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: INFORME DE RESULTADOS, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA REQUERIDA, LIMPIEZA DE ÁREA, EQUIPO DE SEGURIDAD, DEPRECIACIÓN Y DEMÁS DERIVADOS DEL USO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO PARA LAS PRUEBAS. EL ESTUDIO SE REALIZARÁ CON LA FRECUENCIA Y EL PROCEDIMIENTO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA, LO QUE INDIQUE LA SUPERVISIÓN O LAS NORMAS MEXICANAS VIGENTES.	INVESTIGACIÓN	1.00	\$ 24,575.00	\$ 24,575.00
TOTAL		1.- NMX-EC-17025-INMC-2006		\$ 24,575.00	
2.- TRANSPORTE A SITIO					
OC-01-002	GASTOS DE TRASPORTACIÓN A SITIO POR VÍA TERRESTRE DEL EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CASSETAS AUTOPISTA MÉXICO-XICOTEPEC-MÉXICO, COMBUSTIBLE, FLETE MÉXICO-OBRA-MÉXICO EN CAMIONETA DE REDILAS DE TODO EL MATERIAL NECESARIO PARA REALIZAR EL ESTUDIO, CARGO DIRECTO POR EL COSTO DE LA MANO DE OBRA QUE INTERVENGA.	VIAJE	2.00	\$5,100.00	\$ 10,200.00
TOTAL		2.- TRANSPORTE A SITIO		\$ 10,200.00	
3.- VIÁTICOS					
OC-01-003	GASTOS DE VIATICOS PARA 3 TÉCNICOS DE LABORATORIO PARA REALIZAR LAS PRUEBAS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: 3 COMIDAS, HOSPEDAJE Y CAMIONETA RAM PARA TRANSPORTE DE TÉCNICOS XICOTEPEC-OBRA-XICOTEPEC.	DIA	3.00	\$3,900.00	\$ 11,700.00
TOTAL		3.- VIÁTICOS		\$ 11,700.00	
4.- UNAM					
OC-01-004	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. INCLUYE: IMPRESIONES, GASTOS PARA ELABORAR TESIS DE MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN, GASTOS ADMINISTRATIVOS, IMPRESIÓN DE TESIS Y VISITAS CON EL DIRECTOR DE TESIS .	INVESTIGACIÓN	1.00	\$12,500.00	\$ 12,500.00
TOTAL		4.- UNAM		\$ 12,500.00	
GRAN TOTAL (SIN IVA)					\$ 58,975.00
IVA					\$ 9,436.00
GRAN TOTAL (CON IVA)					\$ 68,411.00

A. APÉNDICE INFORMATIVO

Para el mejor entendimiento del presente trabajo de **Tesis** se menciona esta información que aportará elementos para fortalecer lo antes mencionado y obtener una idea más clara acerca del tema.

A.1 Control Interno

En caso de control interno en donde el resultado no se emplee específicamente para la aceptación o el rechazo del concreto, será posible utilizar especímenes de concreto con dimensiones de 10 cm x 20 cm, siempre y cuando el tamaño máximo nominal del agregado no exceda de 25 mm.

A.2 Moldes

Los moldes para considerarse estancos, deben llenarse con agua entre un 90 y 95% de su altura y después de una hora deberán examinarse para determinar si existen tanto fugas visibles como pérdida de agua estancada expresada en por ciento de volumen inicial y por ningún motivo debe exceder del 2%.

A.3 Concreto con Bajo Contenido de Agua

En este método no son considerados los concretos con bajo contenido de agua que no sea posible compactarlos de forma adecuada por los métodos descritos anteriormente o que para su elaboración requieran de otros tamaños y formas de especímenes para representar el producto o la estructura.

Los especímenes para tales concretos deben elaborarse conforme a los requisitos especificados en la norma mexicana NMX-C-159-ONNCCE (Ver Apéndice de Referencias C.3) con relación al tamaño, forma del espécimen y método de compactación.

A.4 Temperatura de Sacos

Es importante mencionar que la temperatura debajo de los sacos de yute o materiales similares, siempre será menor que la temperatura del medio ambiente que lo rodea en caso de que se presente la evaporación.

A.5 Muestreo de Concreto

El lugar a donde se llevará la revoltura de concreto muestreado debe registrarse en forma clara y precisa, además, las muestras de concreto para elaborar los especímenes deben tomarse de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma mexicana **NMX-C-161-1997-ONNCCE** (Ver Inciso IV.1.2).

A.6 Prueba de Revenimiento, Rendimiento y Contenido de Aire

El revenimiento y el rendimiento de cada revoltura de concreto del cual se elaboran los especímenes, se debe determinar inmediatamente después de terminado el mezclado y deberá realizarse conforme a lo indicado en las normas mexicanas **NMX-C-156-1997-ONNCCE** y **NMX-C-162-ONNCCE-2000** (Ver Inciso IV.1.2) y el concreto sobrante usado en estas pruebas podrá emplearse remezclándolo en la obra.

La determinación del aire incluido debe realizarse conforme a lo indicado en la norma mexicana **NMX-C-162-ONNCCE-2000** (Ver Inciso IV.1.2) y el concreto sobrante utilizado en esta prueba deberá desecharse.

A.7 Velocidad de Enfriamiento

Una forma de disminuir la velocidad de enfriamiento del espécimen es colocando entre el molde y la placa de la cubierta, una placa plana de fenol formaldehído (baquelita) de 3 mm de espesor, que cuente con tres agujeros para un llenado coincidente respecto a la placa metálica.

A.8 Cuidados Especiales

El relleno contribuye a evitar la formación de tubos de contracción o huecos en el cuerpo del cubo, sin embargo, tales defectos pueden ocurrir no obstante todos los cuidados que se tomen en cuenta y, por lo tanto, es recomendable inspeccionar en el interior de los cubos de mortero de azufre una vez hecha la prueba en lo que se refiere a homogeneidad, siempre que los valores de las resistencias obtenidas sean considerablemente más bajos de lo esperado.

A.9 Dureza Rockwell

Es la resistencia a la penetración y al rayado de los materiales.

B. APÉNDICE DE DEFINICIONES

Para el mejor entendimiento del presente trabajo de **Tesis** se mencionan estas definiciones que aportarán elementos para fortalecer lo antes mencionado y obtener una idea más clara acerca del tema.

B.1 Absorción

Es el incremento en por ciento (%), respecto a la masa seca inicial de un material sólido como resultado de la penetración del agua en sus poros permeables hasta llenarlos.

B.2 Acabado

Es la textura final que se le da a la superficie expuesta del concreto.

B.3 Adherencia

Es el grado de liga que existe entre:

- El concreto y el acero de refuerzo.
- Los agregados y la pasta.
- Los concretos.

B.4 Aditivo

Es un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico, que se puede emplear como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado para modificar algunas características del concreto.

B.5 Adsorción

Es la película de agua adherida en la superficie de los agregados, adicional al agua de absorción.

B.6 Agitación

Es el proceso que proporciona un movimiento suave al concreto mezclado, suficiente para evitar la segregación o la pérdida de plasticidad.

B.7 Agitador

Es un dispositivo mecánico para producir agitación en el concreto.

B.8 Agregados

Son los materiales naturales, procesados, manufacturados o artificiales, que se mezclan con los cementantes y el agua para elaborar morteros o concretos.

B.9 Agregado Saturado y Superficialmente Seco

Es la condición en que la humedad del mismo coincide con la absorción, llenando de agua todos los poros permeables, pero sin existir agua adherida a la superficie del agregado.

B.10 Aglutinante Hidráulico o Cementante

Es el cementante que al agregarle agua ya sea solo o mezclado con arena u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar tanto al aire como bajo el agua y formar una masa endurecida.

B.11 Agua para Mezclado

Es la cantidad de agua requerida, de acuerdo al diseño, para la elaboración del concreto, independiente del agua de absorción que requieren los agregados.

B.12 Aire Atrapado

Son los vacíos en el concreto que se crean en forma natural durante el proceso de mezclado.

B.13 Aire Incluido

Son las burbujas de aire incorporadas intencionalmente en el mortero o en el concreto durante el mezclado, regularmente empleando un agente químico.

B.14 Álcali

Sales de los metales alcalinos, principalmente el sodio (Na) y el potasio (K), que se presentan en los constituyentes del concreto o mortero.

B.15 Apisonar

Es la operación de acomodar el concreto fresco recién colocado por golpes repetidos en la superficie con dispositivos adecuados.

B.16 Arcilla

Material natural mineral compuesto por partículas muy finas (Silicato de aluminio hidratado y silicato de magnesio hidratado) que posee propiedades plásticas. La arcilla en un suelo se considera la porción constituida por partículas más finas que 2 μm .

B.17 Arena

Es el agregado que pasa la criba No. 4.75 (Malla No. 4) y se retiene en la criba No. 0.075 (Malla No. 200).

B.18 Arena de Ottawa (Arena Estándar)

Es arena sílica producida por procesamiento de material obtenido en depósitos cercanos a Ottawa, Illinois, compuesta en su mayor parte de cuarzo, se utiliza en morteros para pruebas de cemento hidráulico.

B.19 Ataque de Sulfatos

Es la reacción física, química o ambas entre los sulfatos y el concreto o el mortero.

B.20 Barita

Es el sulfato de bario natural ($BaSO_4$) empleado en su forma pura o impura como agregado para el concreto de alta densidad.

B.21 Cabeceo

Es la preparación con mortero de alta resistencia de las bases de los especímenes cilíndricos para lograr el paralelismo entre las caras para su prueba.

B.22 Cal Libre

Es la cal que no se combinó químicamente con los otros componentes del cemento durante su proceso de fabricación.

B.23 Calor de Hidratación

Es el calor causado por la reacción química del cemento con el agua.

B.24 Cambio de Volumen Autógeno

Es el cambio de volumen producido por la hidratación continua del cemento excluyendo los efectos de fuerzas externas o el cambio del contenido de agua o temperatura.

B.25 Capilaridad

Es el movimiento de un líquido a través de un sistema poroso debido a la tensión superficial.

B.26 Carlita

Es el agregado ligero producido por tratamiento térmico de la perlita.

B.27 Carbonatación

Es la reacción entre el dióxido de carbono y un hidróxido u óxido para formar un carbonato especialmente en la pasta de cemento, mortero o concreto.

B.28 Cemento Pórtland

Es el aglutinante hidráulico producido por la pulverización del clinker y sulfatos de calcio en algunas de sus formas.

B.29 Cemento Pórtland Puzolánico

Es el aglutinante hidráulico que se obtiene de la molienda conjunta del clinker, puzolana y sulfatos de calcio en algunas de sus formas.

B.30 Ceniza Volante

Es un residuo finamente dividido que resulta de la combustión del carbón mineral molido o pulverizado.

B.31 Clinker

Es el material granular constituido de silicatos y aluminatos de calcio, resultantes de la cocción a una temperatura del orden de los 1400 °C y enfriamiento posterior de materias primas de la naturaleza calcárea y arcilla ferruginosa.

B.32 Coeficiente de Expansión Térmica

Es el cambio unitario de las dimensiones debido al cambio de un grado de temperatura.

B.33 Coeficiente Volumétrico

Índice relativo a la esfericidad de un agregado empleado para calificar la forma de los agregados gruesos, es decir, es la relación media entre el volumen aparente de una partícula en condición saturada y superficialmente seca respecto al volumen de las esferas que la circunscriben.

B.34 Colado

Es la colocación y consolidación del concreto fresco.

B.35 Compactación

Es el proceso mediante el cual se reacomodan las partículas sólidas del concreto fresco para reducir los vacíos. Usualmente se realiza por vibración, centrifugado, apisonado o alguna combinación de éstos.

B.36 Concreto

Es el material pétreo artificial obtenido de la mezcla en porciones determinadas de cemento, agregados, agua y aditivos.

B.37 Concreto Bombeado

Es el concreto que es transportado a través de una manguera o tubo por medio de una bomba.

B.38 Concreto Bombeable

Es la mezcla de concreto con características adecuadas para ser colocado con bomba.

B.39 Concreto Celular

Es un concreto muy ligero que se logra por la adición de una espuma preparada o por generación de gas en las mezclas no endurecidas.

B.40 Concreto Ciclópeo

Es la masa de concreto en la cual se colocan piedras grandes de 30 kg o más y se embeben en el concreto al tiempo que se deposita.

B.41 Concreto Polímero

Es una mezcla de agua, cemento hidráulico, agregados y un monómero polimerizado en placa.

B.42 Concreto de Alta Densidad

Son concretos de densidad excepcionalmente alta, usualmente obtenido por el empleo de agregados de alta masa específica usados especialmente para protección a la radiación.

B.43 Concreto de Masa Normal

Es el concreto que tiene una masa unitaria entre los 1900 y 2400 kg/m³, elaborado con agregado normal.

B.44 Concreto de Resistencia Rápida

Es el concreto capaz de alcanzar la resistencia especificada a la edad de 14 días menor que el concreto normal.

B.45 Concreto Endurecido

Es el concreto que presenta una consistencia sólida y es capaz de resistir sollicitaciones de carga.

B.46 Concreto Estructural

Es el concreto empleado para soportar esfuerzos y formar una parte integral de una estructura.

B.47 Concreto Fresco o Plástico

Es la etapa inicial del proceso de fraguado del concreto durante la cual presenta una trabajabilidad que permite realizar las operaciones de transporte, colocación y compactación.

B.48 Concreto Lanzado

Es el mortero o concreto neumáticamente proyectado a alta velocidad sobre una superficie.

B.49 Concreto Ligero

Es el concreto con masa unitaria menor a los 1800 kg/m³.

B.50 Concreto Masivo

Es el volumen de concreto de grandes dimensiones colado monolíticamente.

B.51 Concreto Mezclado en Planta

Es el concreto que se mezcla completamente en un mezclador estacionario del cual se transporta al punto de entrega.

B.52 Concreto Preempacado

Es el concreto producido, colocando el agregado grueso dentro de una forma, a la que después se le inyecta un mortero para llenar los vacíos.

B.53 Concreto Premezclado

Es el concreto hidráulico dosificado y mezclado por el fabricante, el cual se entrega al comprador para su utilización en estado plástico.

B.54 Concreto Reforzado

Es el concreto que en combinación con el acero de refuerzo es capaz de resistir esfuerzos de compresión, tensión u otros esfuerzos.

B.55 Concreto Refractario

Es el concreto que tiene propiedades refractarias, es decir, que es apropiado para el uso en altas temperaturas entre 315 y 1315 °C.

B.56 Concreto Simple

Es el concreto sin acero de refuerzo.

B.57 Concreto Vibrado

Es el concreto compactado por vibración.

B.58 Conglomerante

Son materiales cementantes, ya sean cementos hidráulicos, cal, materiales silíceos reactivos, resinas y otros materiales que forman la matriz del concreto, morteros y lechadas arenosas.

B.59 Consistencia

Es el grado de plasticidad del concreto fresco o del mortero para fluir, la forma usual de medirlo es:

- Revenimiento para el concreto.
- Flujo para el mortero o lechada.
- Resistencia a la penetración para la pasta de cemento.

B.60 Consistencia Normal

Es la condición física de la pasta de cemento puro que se determina con el aparato de Vicat de acuerdo con un método de prueba normalizado.

B.61 Contenido de Aire

Es el volumen de vacíos en la pasta de concreto o mortero excluyendo el espacio de los poros en las partículas del agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla del concreto o mortero.

B.62 Contenido de Arcilla

Es la cantidad de arcilla expresada en por ciento (%) de la masa seca en relación con la masa total de un material.

B.63 Contenido de Cemento

Es la masa de cemento por unidad de volumen de concreto o mortero en kg/m³.

B.64 Contracción

Es la disminución de volumen en el concreto o en el mortero causado por la pérdida de agua, el cambio químico y la temperatura a través del tiempo.

B.65 Contracción por Secado

Es una reducción en volumen del estado plástico, causado por la pérdida de agua.

B.66 Control de Calidad

Técnicas operacionales, actividades, procedimientos y pruebas que se utilizan para mantener el rango de calidad deseado de un producto.

B.67 Corte de Sierra

Es un corte en el concreto endurecido utilizando discos con corona de diamante o de silicón - carburo.

B.68 Criba o Malla

Es una placa metálica o lámina, una tela de alambre tejida u otro dispositivo similar, con espacios abiertos regulares de tamaño uniforme, montados en un marco o soporte apropiado para separar materiales de acuerdo a su tamaño.

B.69 Cuarteo

Es la acción de reducir una muestra de volumen considerable a una muestra representativa pequeña.

B.70 Cuarto Húmedo

Es un cuarto en que la atmósfera es mantenida a una temperatura de 23 ± 2 °C y una humedad relativa de por lo menos 95%, para los propósitos de curado y almacenado de los especímenes de prueba.

B.71 Curado

Es el mantenimiento en un ambiente favorable y especificado tanto de humedad como de temperatura para la continuación de las reacciones químicas (hidratación) entre el cemento y el agua dentro del concreto.

B.72 Densidad o Masa Específica

Es la masa por unidad de volumen.

B.73 Deformación Unitaria

Es la deformación de un material expresada como la relación de la deformación lineal unitaria a la distancia en que ocurre la deformación.

B.74 Desmoldar o Descimbrar

Es la acción de retirar el molde o la cimbra del elemento o espécimen ya sea de concreto o mortero.

B.75 Durabilidad

Es la capacidad del concreto hidráulico para resistir satisfactoriamente durante un tiempo determinado (vida útil) la acción del intemperismo, los ataques químicos o la abrasión y de proteger tanto al acero de refuerzo como a los demás elementos metálicos de la corrosión o cualquier otro proceso de deterioro, para mantener su forma original, condición de servicio y propiedades mecánicas.

B.76 Eflorescencia

Es un depósito de sales, generalmente blancas que se forman en una superficie de concreto en morteros o mamposterías.

B.77 Ensaye o Prueba

Es el procedimiento para medir o evaluar una característica física o química de un material.

B.78 Escoria de Alto Horno

Es el producto que consiste de silicatos de aluminio, fierro y otras bases que se desarrollan en condición fundida simultáneamente con el fierro en un alto horno.

B.79 Esfuerzo

Es la magnitud de fuerzas internas por unidad de área producidas por cargas externas; cuando las fuerzas son paralelas al plano, el esfuerzo es llamado esfuerzo normal; cuando el esfuerzo normal está dirigido hacia la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de compresión; cuando está dirigido hacia fuera de la parte en que actúa, es llamado esfuerzo de tensión.

B.80 Especimen

Es la parte representativa de un material que se emplea para determinar sus características.

B.81 Estratificación

Es la separación del concreto en capas horizontales resultado de la colocación de revolturas sucesivas que difieren en apariencia.

B.82 Exfoliación

Es la desintegración que se presenta por desprendimiento en capas sucesivas, expansión o aberturas en hojas o placas.

B.83 Expansión

Es el aumento de volumen en un material.

B.84 Factor de Compactación

Es la relación de la masa unitaria del concreto obtenido mediante el dispositivo estándar de factor de compactación entre la masa unitaria estándar.

B.85 Factor de Reflectancia

Es la relación de la reflectancia del espécimen de prueba a la del parámetro empleado a dicha prueba.

B.86 Factor de Forma

Es un factor que relaciona las dimensiones de las partículas del agregado grueso a la de clasificarlas.

B.87 Ferrocemento

Es una o varias capas de mortero de cemento de espesor delgado, reforzado con una o varias mallas de alambre alternadas.

B.88 Finura

Es una medida del tamaño de las partículas.

B.89 Finura Blaine

Es la finura de materiales pulvulentos tales como el cemento y puzolanas, determinado en el aparato de Blaine.

B.90 Fisura

Es la abertura superficial del concreto que no tiene consecuencias estructurales.

B.91 Fisuramiento por Temperatura

Es la abertura debida a cambios térmicos.

B.92 Fraguado Instantáneo

Es el desarrollo instantáneo permanente de la rigidez en una pasta de mortero o concreto fresco.

B.93 Fluidéz

Es una de las medidas de la consistencia de mezclas de concreto fresco, mortero o pasta de cemento.

B.94 Flujo Capilar

Es el flujo de humedad a través de un sistema poroso capilar como en el concreto.

B.95 Flujo Plástico

Es la deformación plástica bajo carga del concreto a través del tiempo.

B.96 Forma de Falla

Es la figura que presenta las grietas cuando falla el concreto.

B.97 Fraguado

Es la condición alcanzada por una pasta de cemento, mortero o concreto cuando pierde plasticidad en un grado arbitrario, usualmente medida en términos de resistencia a la penetración o deformación. Fraguado inicial es referido al primer endurecimiento; fraguado final es referido a la obtención de una rigidez significativa.

B.98 Fraguado Falso

Es el desarrollo rápido de la rigidez en una pasta, mortero o concreto sin desprendimiento de mucho calor cuya rigidez desaparece y recobra la plasticidad mediante un mezclado posterior sin añadir agua.

B.99 Gel de Cemento

Es un material coloidal originado por la combinación del cemento con el agua.

B.100 Granulometría

Es la distribución de partículas de un material granular en tamaños definidos expresada en por ciento (%).

B.101 Granulometría Combinada del Agregado

Es la distribución del tamaño de las partículas en una muestra de agregados.

B.102 Granulometría Continua

Es la distribución de tamaños de partículas en la cual todas las fracciones se encuentran presentes.

B.103 Granulometría Discontinua

Es la distribución de tamaños de partículas con ausencia de una o más de las fracciones intermedias.

B.104 Grava

Es el agregado que se retiene en la criba No. 4.75 y pasa la criba No. 90.

B.105 Grava Triturada

Es el producto que resulta de la fragmentación artificial de rocas.

B.106 Gravedad Especificada

Es la relación entre la masa de una unidad de volumen de un material a una temperatura establecida a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas a la misma temperatura.

B.107 Gravedad Específica Aparente

Es la relación de peso de un volumen unitario de un material, al peso de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura determinada. Si el material es sólido, el volumen debe de ser el de la porción impermeable.

B.108 Gravedad Específica en Masa

Es la relación de la masa de un volumen unitario de material a la masa de volumen igual de agua destilada, libre de gas, a una temperatura determinada. El volumen de material incluye los vacíos normales, tanto permeables como impermeables.

B.109 Grieta

Es la abertura en el concreto de magnitud importante que puede ser el inicio de una falla estructural.

B.110 Grieta Plástica

Es la abertura que aparece en la superficie del concreto fresco, después de que es colocado.

B.111 Hidratación

Es la formación de compuestos debido a la combinación química de agua y cemento.

B.112 Humedad de los Agregados

Es el porcentaje de agua respecto a la masa de agregado seco que en un momento dado ha penetrado en los poros y/o se ha adherido a la superficie de las partículas del agregado.

B.113 Humedad Relativa

Es la relación de la cantidad de partículas de agua en la atmósfera en relación a la cantidad máxima que puede tener a una temperatura dada, expresada como un porcentaje (%).

B.114 Humedad Superficial (Agua de Absorción)

Es el agua libre retenida en las superficies de las partículas de los agregados y considerada como parte del agua de mezclado en el concreto.

B.115 Isotropía

Es la característica de un material de tener las mismas propiedades en todas direcciones.

B.116 Laja

Son aquellas partículas planas y alargadas.

B.117 Lechada

Es la combinación de agua y cemento de consistencia fluida.

B.118 Lechada Coloidal

Es una lechada a la cual se le ha incluido artificialmente cohesión o la habilidad de retener las partículas sólidas dispersas en suspensión.

B.119 Masa Unitaria

Es la cantidad de materia contenida en un metro cúbico de concreto fresco expresada en kg/m³ y está en función del tipo de materiales empleados y del diseño de mezcla de cada concreto.

B.120 Masa Volumétrica Compacta

Es la Masa por unidad de volumen de un agregado seco varillado o compactado bajo condiciones normalizadas.

B.121 Masa Volumétrica Suelta

Es el peso por unidad de volumen que ocupa el agregado acomodado sin compactar bajo procedimiento normalizado.

B.122 Medidor de Aire

Es un dispositivo para medir el contenido de aire en el concreto o mortero.

B.123 Membrana de Curado

Es el material que forma una película impermeable estable sobre la superficie del concreto para eliminar la pérdida de agua por evaporación.

B.124 Mezcla Áspera

Es una mezcla de concreto con falta de trabajabilidad y consistencia debido a la deficiencia en las características de los agregados.

B.125 Mezclado

Es la acción de revolver los componentes del concreto o mortero con el fin de formar una masa homogénea.

B.126 Mezcladora o Revolvedora

Es una máquina usada para homogenizar la distribución de los componentes del concreto, lechada, mortero, pasta de cemento u otra mezcla.

B.127 Mezclado en Seco

Es la revoltura de los materiales sólidos para el mortero o el concreto antes de añadir el agua de mezcla.

B.128 Módulo de Elasticidad o de Young

Es la relación entre esfuerzo y deformación unitaria.

B.129 Módulo de Finura

Es un factor empírico obtenido por la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las cribas estándar de una muestra de agregado y dividida la suma entre 100.

B.130 Módulo de Ruptura

Es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensaye a flexión de una viga estándar.

B.131 Molde

Es un recipiente de dimensiones estandarizadas que se emplea para elaborar especímenes de concreto o de mortero.

B.132 Mortero

Es la mezcla de cemento, agregado fino y agua.

B.133 Muestra

Es la porción representativa de un material.

B.134 Muestreo

Es la acción o conjunto de acciones para obtener una muestra.

B.135 Muestra Compuesta

Es la muestra que se obtiene mezclando dos o más muestras individuales de un material.

B.136 Núcleo o Corazón

Es la muestra cilíndrica de concreto endurecido o roca extraída por medio de una broca hueca.

B.137 Número de Criba o Malla

Es un número usado para designar la abertura de una criba.

B.138 Partícula Alargada

Es la partícula del agregado en la cual la relación entre el largo y el ancho del prisma rectangular que la circunscribe es mayor que un valor especificado.

B.139 Partícula Plana

Es la partícula del agregado en la cual la relación del ancho al grueso del prisma rectangular que los circunscribe es mayor que un valor especificado.

B.140 Pasta

Es la mezcla de cemento y agua de consistencia viscosa.

B.141 Pavimento de Concreto

Es una capa de concreto empleada como superficie de rodamiento para el tránsito vehicular.

B.142 Pérdida por Ignición

Es el porcentaje de pérdida en masa de una muestra de masa constante sometida a una temperatura especificada usualmente entre los 900 y 1000 °C.

B.143 Petrografía

Es la rama de la petrología que comprende la descripción y clasificación sistemática de las rocas, aparte de sus relaciones geológicas.

B.144 Pigmento para Concreto

Es el material que se mezcla con el cemento o con los ingredientes del concreto para producir una coloración homogénea y permanente.

B.145 Pisón

Es un implemento usado para consolidar por impactos en moldes o formas.

B.146 Polimerización

Es la reacción en que dos o más moléculas de la misma sustancia se combinan para formar un compuesto conteniendo los mismos elementos y en la misma proporción, pero de mayor masa molecular que la sustancia original de la que fue generada.

B.147 Polímero

Es el producto de la unión de varios monómeros formando cadenas moleculares largas.

B.148 Porcentaje de Finos

Es la cantidad expresada como porcentaje (%) que pasa una criba dada, usualmente la criba No. 0.075 (malla 200); también es la cantidad de material fino en una mezcla de concreto expresada como un por ciento (%) de la masa de la cantidad total.

B.149 Porosidad

Es la porción generalmente expresada como un porcentaje (%) del volumen de vacíos en un material al volumen total del mismo inducido al vacío.

B.150 Puzolana

Es un material silicio o sílice aluminoso que posee pequeño o ningún valor cementante y que en presencia de humedad, es químicamente reactivo para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

B.151 Reacción Álcali - Agregado

Es la reacción entre los álcalis (sodio y potasio) del cemento Pórtland y ciertas rocas de origen silicio o carbonatadas presentes en algunos agregados, principalmente la caliza dolomítica.

B.152 Refractario

Es un material resistente a altas temperaturas.

B.153 Relación Agua - Cemento

Es la relación de la cantidad de agua, excluyendo la absorbida por los agregados, a la cantidad de cemento más complemento cementante empleado en la mezcla.

B.154 Relación Grava - Arena

Es la relación del agregado grueso entre el fino en una revoltura de concreto ya sea en masa o en volumen.

B.155 Relación de Poisson

Es la relación entre la deformación transversal y la longitudinal, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión.

B.156 Remoldeabilidad

Es la propiedad con que una mezcla de concreto fresco responde a un esfuerzo de remoldeado tal como el movimiento o la vibración.

B.157 Rendimiento

Es el volumen de concreto fresco producido por una cantidad conocida de ingredientes.

B.158 Reología

Es la disciplina que trata con el flujo de materiales incluyendo estudios de deformación de concreto endurecido, manejo y colocación de concreto fresco mezclado.

B.159 Resistencia

Es la oposición que presenta un material a solicitaciones de fuerzas que actúan en el mismo.

B.160 Resistencia a la Abrasión

Es la característica de una superficie para resistir a ser desgastada por el roce o la fricción.

B.161 Resistencia a la Compresión

Es la capacidad de carga que presenta un espécimen o un elemento de mortero o concreto hidráulico bajo una carga axial expresada como la fuerza por unidad de área generalmente dada en kg/cm² o MPa.

B.162 Resistencia a la Flexión

Es la oposición que presenta un elemento o miembro estructural a solicitaciones de fuerzas combinadas de tensión y compresión dadas en kg/cm².

B.163 Resistencia a la Penetración

Es la resistencia del mortero o pasta de cemento a la penetración por un émbolo o aguja bajo condiciones estándar expresada en MPa ó kg/cm².

B.164 Resistencia a la Tensión

Es el esfuerzo unitario máximo que un material es capaz de resistir, bajo carga de tensión axial, basado en el área de sección transversal del espécimen antes del ensaye expresada en kg/cm².

B.165 Resistencia al Fuego

Es la propiedad de un material de resistir el fuego. Es la propiedad de continuar realizando una función estructural después de estar expuesto al fuego.

B.166 Resistencia a Sulfatos

Es la propiedad del cemento, concreto o mortero a resistir el ataque de sulfatos.

B.167 Resistencia de Proyecto

Es la resistencia específica designada para un proyecto.

B.168 Revenimiento

Es una medida de la consistencia del concreto fresco.

B.169 Revibrado

Es una o más aplicaciones de vibración al concreto después de completar la colocación y compactación inicial pero procediendo al fraguado inicial del concreto.

B.170 Revoltura

Es el conjunto de los componentes del concreto, que intervienen en una sola operación de mezclado.

B.171 Rigidez

Es la resistencia a la deformación.

B.172 Saco de Cemento

Es la cantidad de cemento Pórtland envasado en bolsas de 50 kg de capacidad.

B.173 Sangrado

Es el flujo capilar de una parte del agua de mezclado hacia la superficie del concreto.

B.174 Sanidad

Es la característica intrínseca del cemento para mantener su estabilidad de volumen o propia de los agregados para resistir la acción agresiva del medio ambiente.

B.175 Sedimentación

Es la separación de las partículas sólidas dentro de un medio líquido.

B.176 Segregación

Es la separación de los constituyentes de un todo ordenado, de modo que la distribución de los tamaños de partículas deje de ser uniforme.

B.177 Sellado Autógeno

Es el proceso natural de cerrado de fisuras en concreto o mortero cuando se mantiene húmedos.

B.178 Sobrevibrado

Es el exceso del tiempo de vibrado durante la colocación del concreto fresco, que causa segregación y sangrado.

B.179 Superficie Específica

Es el área expuesta de las partículas por unidad de masa del material.

B.180 Tamaño Máximo del Agregado

Es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa o se requiere que pase la totalidad de un agregado con tolerancias en cuanto al retenido en dicha criba.

B.181 Textura

Es el acabado aparente de una superficie expuesta.

B.182 Tixotropía

Es la propiedad de un material que permite adquirir resistencia en estado estático, pero que adquiere en estado húmedo viscosidad bajo agitación mecánica; el proceso puede ser reversible.

B.183 Trabajabilidad

Es la propiedad que presenta un concreto acabado de mezclar, la cual determina la facilidad y la homogeneidad con las cuales se puede transportar, mezclar, colocar, compactar y acabar.

B.184 Adicionantes para Concreto

Son materiales como pueden ser las fibras que se utilizan como refuerzo o los pigmentos, los cuales no tienen propiedades cementantes.

B.185 Aditivos para Concreto

Son materiales diferentes al agua, a los agregados y al cemento, que se pueden emplear como componentes del concreto y se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, interactuando con el sistema hidratante - cementante mediante la acción física, química o físico - química, modificando una o más de las propiedades del concreto o mortero en sus etapas de fresco, fraguando y endurecido.

No se consideran como aditivos los suplementos del cemento como escorias, puzolanas naturales o humo de sílice, ni las fibras empleadas como refuerzo, los cuales pueden ser constituyentes del cemento, mortero o concreto.

B.186 Aseguramiento de Calidad

Son todas las actividades planeadas y sistemáticas implementadas dentro de un sistema de calidad y que han demostrado ser necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que una entidad cumplirá con todos los requisitos de calidad.

B.187 Calidad

Es la totalidad de las características de una entidad que se relacionan con su capacidad para satisfacer las necesidades declaradas o implícitas.

B.188 Cemento Hidráulico

Es el cementante producido por la pulverización de clinker y sulfato de calcio en algunas de sus formas.

B.189 Complementos Cementantes

Son materiales que desarrollan características cementantes, como la puzolana natural, escorias, humo de sílice, ceniza volante, que se pueden emplear como constituyentes del cemento o del concreto. La cal no se considera como adición cementante.

B.190 Concreto con Aire Incluido

Es el concreto que tiene un contenido de aire mayor del 3% del volumen absoluto.

B.191 Concreto Hecho en Obra

Es el concreto hidráulico para uso estructural, no industrializado, elaborado por medios mecánicos en el sitio de utilización.

B.192 Concreto Hidráulico

Es una mezcla de materiales, naturales, procesados o artificiales, cementante y agua, a la que además se le pueden agregar algunos aditivos y adicicionantes.

B.193 Concreto Hidráulico en Estado Endurecido

Es la condición en la que el concreto hidráulico es capaz de resistir las acciones para las cuales fue especificado.

B.194 Concreto Hidráulico en Estado Fresco

Es la etapa inicial del proceso de fraguado del concreto durante la cual presenta una trabajabilidad que permite realizar las operaciones de transporte, colocación, compactación y acabado.

B.195 Concreto Hidráulico para Uso Estructural

Es el concreto hidráulico empleado para soportar esfuerzo y formar parte integral de una estructura o edificación. Los requisitos de resistencia y durabilidad los debe indicar el estructurista.

B.196 Concreto Industrializado

Es el concreto hidráulico elaborado en planta, ya sea fuera o en el sitio de utilización, dosificado según se indica en *B.201*, en donde el productor y el usuario generalmente son personas distintas, físicas o morales y donde puede existir un contrato de compra - venta del producto.

B.197 Contratista

Es la organización que proporciona un servicio o producto específico al propietario en una situación contractual.

B.198 Corresponsable en Seguridad Estructural (CSE)

Persona responsable de la calidad del proyecto, especificaciones, supervisión y/o ejecución de la obra desde el punto de vista estructural.

B.199 Director Responsable de Obra (DRO)

Es la persona que acredita conocimiento de las leyes y disposiciones reglamentarias relativas a la construcción, que cuenta con cédula profesional y que ante las autoridades correspondientes y el propietario de la obra se hace responsable de la calidad del proyecto, especificaciones, supervisión y/o ejecución de la obra, cuidando que se cumpla con las normas, reglamentos de construcción y las especificaciones del proyecto a fin de realizar una obra de calidad definida, para la cual otorga su responsiva profesional.

B.200 Diseño o Proporcionamiento del Concreto

Es el cálculo de las cantidades de materiales por unidad de masa o volumen que se requieren para fabricar un concreto que tenga las características especificadas.

B.201 Dosificación

Operación mediante la cual se pesan o miden en volumen los sólidos y los líquidos de acuerdo al diseño.

B.202 Estructura

Conjunto de elementos de una construcción cuya función es la de resistir las cargas o acciones para las que fue diseñada, incluyendo los efectos del medio ambiente al que esté sometido.

B.203 Estructurista

Es la persona responsable del diseño y de las consideraciones de durabilidad de las estructuras de concreto con base en las características especificadas en el proyecto conforme a los reglamentos de construcción vigentes en la región. También es conocido como diseñador estructural o proyectista estructural.

B.204 Humo de Sílice

Es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón, en hornos eléctricos de arco para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio.

B.205 Intemperismo

Es el efecto de la acción del medio ambiente sobre el concreto en una estructura en servicio, tal como congelación y deshielo, saturación y secado, variaciones de temperatura extrema y contaminación por sustancias que ataquen al concreto.

B.206 Junta Fría

Es una junta o discontinuidad resultante de la demora en la colocación del concreto por un tiempo suficiente para impedir la unión de dos capas sucesivas del material.

B.207 Masa Unitaria

Es la masa por unidad de volumen.

B.208 Módulo de Elasticidad de Diseño

Es el valor del módulo de elasticidad, cuya probabilidad de que no sea alcanzado en la producción del concreto es del 10%.

B.209 Pie de Obra

Lugar donde se descarga el concreto inmediato al sitio de su colocación y punto de verificación de las características del concreto en estado fresco.

B.210 Productor

Es el contratista, subcontratista, proveedor o fabricante especializado, responsable de la producción o suministro del concreto hidráulico, con base en las características especificadas en el proyecto.

B.211 Propietario

Es la organización que se hace responsable del proyecto, es decir, es el receptor del producto.

B.212 Recubrimiento

Es la protección que le proporciona el concreto al acero de refuerzo contra el medio ambiente. Es la distancia medida desde la superficie del concreto a la parte más cercana del acero de refuerzo (incluyendo a los zunchos, anillos y estribos).

B.213 Resistencia Especificada a la Compresión

Es la resistencia a compresión especificada en el diseño estructural.

B.214 Segregación de los Agregados

Fenómeno por el cual se separa el agregado grueso del resto de la masa del concreto, afectando su homogeneidad.

B.215 Sitio de Colocación

Es el lugar o elemento de la estructura donde se vacía el concreto para tomar su forma definitiva.

B.216 Sitio de Elaboración

Es el lugar donde se encuentra el equipo y se efectúa el mezclado de los materiales constituyentes del concreto.

B.217 Subcontratista

Es la organización que proporciona un producto o servicio específico al contratista.

B.218 Usuario

Es el constructor, propietario de la obra o su representante, responsable del empleo apropiado del concreto en la obra.

C. APÉNDICE DE REFERENCIAS

Para el mejor entendimiento del presente trabajo de **Tesis** se mencionan estas referencias que aportarán elementos para fortalecer lo antes mencionado y obtener una idea más clara acerca del tema.

C.1 Norma Mexicana NMX-C-161-1997-ONNCCE

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NMX-C-155-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Concreto Hidráulico Industrializado - Especificaciones”.
- NMX-C-251-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Terminología”.

C.2 Norma Mexicana NMX-C-156-1997-ONNCCE

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NMX-C-155-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Concreto Hidráulico Industrializado - Especificaciones”.
- NMX-C-161-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Muestreo”.
- NMX-C-251-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Terminología”.
- NMX-C-255-ONNCCE “Industria de la Construcción - Aditivos Químicos para el Concreto - Especificaciones y Métodos de Prueba”.

C.3 Norma Mexicana NMX-C-160-ONNCCE-2004

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NMX-C-109-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos”.
- NMX-C-148-ONNCCE “Industria de la Construcción - Cementos Hidráulicos - Gabinetes y cuartos húmedos y tanques de almacenamiento para el curado de especímenes de mortero y concreto de cementantes hidráulicos”.

- NMX-C-155-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Concreto Hidráulico Industrializado - Especificaciones”.
- NMX-C-156-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco”.
- NMX-C-157-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión”.
- NMX-C-159-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio”
- NMX-C-161-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Muestreo”.
- NMX-C-162-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico”.
- NMX-C-251-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Terminología”.
- NMX-C-281 “Industria de la Construcción - Concreto - Moldes para elaborar especímenes cilíndricos de concreto Verticalmente para pruebas”.

C.4 Norma Mexicana NMX-C-109-ONNCCE-2004

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NMX-C-083-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto”.
- NMX-C-155-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Concreto Hidráulico Industrializado - Especificaciones”.
- NMX-C-251-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Terminología”.
- NMX-C-414-ONNCCE “Industria de la Construcción - Cementos Hidráulicos - Especificaciones y métodos de prueba”.

C.5 Norma Mexicana NMX-C-083-ONNCCE-2002

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NMX-C-109-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos”.
- NMX-C-155-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Concreto Hidráulico Industrializado - Especificaciones”.
- NMX-C-169-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Obtención y prueba de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido”.
- NMX-C-251-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Terminología”.
- NMX-CH-027-SCFI “Verificación de máquinas de ensaye uniaxiales - Máquinas de ensaye a la tensión”.

C.6 Norma Mexicana NMX-C-162-ONNCCE-2000

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NMX-C-152-ONNCCE “Industria de la Construcción - Cementantes Hidráulicos - Método de prueba para la determinación del peso específico de cementantes hidráulicos”.
- NMX-C-155-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Concreto Hidráulico Industrializado - Especificaciones”.
- NMX-C-156-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco”.
- NMX-C-157-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión”.
- NMX-C-161-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Muestreo”.
- NMX-C-251-ONNCCE “Industria de la Construcción - Concreto - Terminología”.
- NMX-C-414-ONNCCE “Industria de la Construcción - Cemento Hidráulico - Especificaciones y métodos de prueba”.

D. APÉNDICE BIBLIOGRÁFICO

Para el mejor entendimiento del presente trabajo de **Tesis** se mencionan estas bibliografías que aportarán elementos para fortalecer lo antes mencionado y obtener una idea más clara acerca del tema.

D.1 Norma Mexicana NMX-C-161-1997-ONNCCE

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- ASTM-C-172-82 "Sampling Fresh Concrete".
- NOM-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades de Medida".
- NMX-C-251-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción - Concreto - Terminología".
- NMX-Z-013-SCFI-1977 "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas".

D.2 Norma Mexicana NMX-C-156-1997-ONNCCE

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- ASTM-C-143-78 "Slump of Portland Cement Concrete".
- NOM-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades de Medida".
- NMX-C-251-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción - Concreto - Terminología".
- NMX-Z-013-SCFI-1977 "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas".

D.3 Norma Mexicana NMX-C-160-ONNCCE-2004

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- ASTM-C-31-1998 "Making and curing concrete test specimens in the field".
- ASTM-C-33-71a "Standard Specification for concrete aggregates".
- ASTM-C-470-1998 "Standard Specification for molds for forming concrete test cylinders Vertically".

- ASTM-C-617-1998 "Standard practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens".
- NMX-C-251-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción - Concreto - Terminología".
- NOM-008-SCFI-1993 "Sistema general de unidades de medida".
- NMX-Z-013-1977 "Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas".

D.4 Norma Mexicana NMX-C-109-ONNCCE-2004

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- ASTM-C-617-98 "Standard Method of Capping Cylindrical Concrete Specimens".
- ASTM-C-109-99 "Test for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars" (Using 2 in or 50 mm cube specimens).
- NOM-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades y Medidas".
- NMX-C-251-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción - Concreto - Terminología".
- NMX-Z-013-SCFI-1977 "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas".

D.5 Norma Mexicana NMX-C-083-ONNCCE-2002

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- ASTM C-39-86 Standard Method of Test "Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens".
- ASTM C-683-76 "Compressive and Flexural Strength of Concrete under Field Conditions".
- NMX-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades y Medidas".
- NMX-C-251-1997-ONNCCE "Industria de la Construcción - Concreto - Terminología".

- NMX-Z-013-SCFI-1997 "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas"

D.6 Norma Mexicana NMX-C-162-ONNCCE-2000

Esta norma mexicana se complementa con la siguiente información vigente:

- NOM-008-SCFI-1993 "Sistema general de unidades de medida".
- NMX-C-160-1987 "Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto en campo".
- NMX-C-251-ONNCCE-1997 "Industria de la Construcción - Concreto - Terminología".
- NMX-Z-013-1977 "Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas".
- ASTM-C-138-1997 "Unit weight, yield and air content (Gravimetric)".

BIBLIOGRAFIA

“Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas, Materiales para Terracerias”

Secretaria de Comunicaciones y Trasportes (SCT)

Libro 6

Ed. Novagraf

México, 1986

“Introducción al Muestreo”

Adela Abad de Servín y Luis A. Servín Andrade

Ed. Limusa

México, 1978

“Muestreo: Diseño y Análisis”

Sharon L. Lohr

Ed. International Thomson

México, 2000

“Manual Técnico de Construcción”

José Luis García Rivero

Ed. Porrúa

México, 2002

“Curso de Edificación”

Luis Amando Díaz Infante De La Mora

Ed. Trillas

México, 2004

“Cartilla del Concreto”

Bryant Mather y Celik Ozyildirim

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

Ed. IMCYC

México, 2004

“Manual de Tecnología del Concreto” - Sección 1

Instituto de Ingeniería UNAM

Ed. Limusa

México, 1994 Pág. 25, 37,

“Manual de Tecnología del Concreto” - Sección 2

Instituto de Ingeniería UNAM

Ed. Limusa

México, 1994

“Manual de Tecnología del Concreto” - Sección 3

Instituto de Ingeniería UNAM

Ed. Limusa

México, 1994

“Manual de Tecnología del Concreto” - Sección 4

Instituto de Ingeniería UNAM

Ed. Limusa

México, 1997

“Manual para Supervisar Obras de Concreto” - ACI-311-99

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

Ed. IMCYC

México, 2002

“Cálculo”

Frank Ayres, JR - Elliott Mendelson

Ed. Mc Graw Hill

Colombia, 2001

“Guía Roji - Por las Carreteras de México 2008”

Agustín Palacios Roji García - Joaquín Palacios Roji García

Ed. Guía Roji, S.A. de C.V.

México D. F., 2007

“Sistema de Calidad para Proyectos de Construcción con Concreto”

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

Ed. IMCYC

México, 2002

“Métodos para Estimar la Resistencia del Concreto en el Sitio”

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

Ed. IMCYC

México, 2007

“Tecnología del Concreto”

Adam M. Neville

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

Ed. IMCYC

México, 1999

Entidad Mexicana De Acreditación (EMA)

Calle Manuel Ma. Contreras No. 133, 2do piso

Colonia Cuauhtémoc

Delegación Cuauhtémoc

México, DF.

Organismo Nacional De Normalización y Certificación De La Construcción y Edificación (ONNCCE)

Calle Ceres No. 7

Colonia Crédito Constructor

Delegación Benito Juárez

México, DF.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC)

www.imcyc.com

Secretaría de Economía (SE)

www.economia.gob.mx

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
www.sedesol.gob.mx

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)
www.conae.gob.mx

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
www.conagua.gob.mx

Diario Oficial de la Federación (DOF)
www.dof.gob.mx