



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO.**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.

**DOSIFICACION DE CONCRETO HIDRAULICO EN
PLANTAS PRE-MEZCLADORAS, METODO DE DUFFUS
ABRAMS CON FLUIDIFICANTE REDUCTOR DE AGUA.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL.**

PRESENTA

LEONARDO MAGAÑA RIVERA.

ASESOR

**DRA. ING. ELIA MERCEDES ALONSO
GUZMAN**

MORELIA, MICH; JULIO 2008







AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme dado entendimiento y quitarme el velo de la ignorancia de las cosas que a mí entender no comprendía, pero ahora comprendo, pues con el entender me concedió el saber, que como hombre yo seré para el beneficio del mismo hombre. **GRACIAS.**

A MIS PADRES

LEONARDO Y ANA ISABEL

Por su apoyo incondicional en cada momento y en cada instante de mi vida y sobre todo en mi preparación profesional y por estar en los momentos mas difíciles **GRACIAS.**

A MIS HERMANOS

JORGE, ANDREA Y DANIEL:

Por su palabras de aliento para seguir preparándome y enfrentar la vida y por su apoyo en especial a mi hermano el chaparro por sus consejos **GRACIAS.**

BLANCA ESTELA

Por su apoyo, comprensión, paciencia y aliento. Porque siempre estuvo conmigo. **GRACIAS.**

A MIS ASESORES Y COMPAÑEROS

Sobre todo al Dr. Elia Mercedes Alonso por brindarme todo el apoyo incondicional para la realización de este trabajo. **GRACIAS.**

Al por orientarme en este trabajo y por su ayuda incondicional. **GRACIAS.**

A Premix Concretos S. A. de C.V. **GRACIAS.**



A LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Por brindarme los conocimientos necesarios durante mis estudios. **GRACIAS.**
A todos y cada uno de los ingenieros que me impartieron cátedra.



RESEÑA HISTORICA

SIGNIFICADO DE LA PALABRA "SAHUAYO" La palabra Sahuayo es interpretada de diversas maneras; según el filólogo, licenciado Cecilio A. Róbelo quiere decir: en donde da la sarna; pero según en Dr. Don Antonio Peñafiel la palabra se compone de dos elementos: izacual-ayotl: izacual es una vasija formada por la mitad de un coco y ayotl quiere decir tortuga; el significado sería: vasija que tiene el aspecto de una tortuga. La palabra Sahuayo procede del idioma azteca o mexicano.

MUNICIPIO DE SAHUAYO Limita al norte con los municipios de Régules y Venustiano Carranza; al oriente con este último y con el municipio de Jiquilpan. Su población total según el censo de 1950, era de 14,141 habitantes y actualmente es de 65,000 habitantes según el censo de 1995. La posición geográfica de esta ciudad es: latitud norte 20° 04` Longitud oeste: 102° 43`. Su altura sobre el nivel del mar es de 1530 metros.





PRIMEROS HABITANTES Y CONQUISTAS Los primeros habitantes de la región de Sahuayo, así como los de muchos lugares de los márgenes del [Lago de Chapala](#), fueron de origen azteca; se supone que en la peregrinación de esta raza desde Aztlán, rumbo a la región de los grandes valles, se dividieron en varias fracciones y en los lugares en donde se asentaban fundaron pueblos con nombres, naturalmente con su propio idioma; así vemos palabras Cojumatlán, Totolán, Ixtlán, que tiene origen mexicano. También afirman los historiadores que esas poblaciones fueron conquistadas en épocas posteriores por los reyes tarascos, cuando éstos adquirieron un fuerte predominio y los aztecas se concentraron en el Valle de México. La conquista de todos los pueblos que se encuentran en los márgenes del lago de Chapala la hizo Nuño Beltrán de Guzmán, a su paso para la región nor-occidental de nuestro país y que constituyó más tarde la Nueva Galicia. La conquista espiritual, o evangelización la llevaron a cabo los frailes de la Orden de San Francisco y se atribuye a Fray Juan de Badía.

LUCHAS Durante la Guerra de independencia los sahuayenses dieron un gran contingente de hombres para la lucha en favor de la libertad, ya que tomaron parte en la defensa fuerte o isla de Mezcala, al lado del cura Castellanos, que era de la región. En nuestros posteriores conmociones políticas también han tomado parte los habitantes de Sahuayo, tanto en la lucha contra la intervención Francesa como en esta última que se inició en el año de 1910 y que le llamamos Revolución Mexicana.

ECONOMÍA La economía de la región de Sahuayo se basa en la agricultura la ganadería, y el comercio principalmente. Por lo que ve a la agricultura, su producción principal es la de maíz; le sigue la producción de garbanzo, luego la de caña, trigo, alfalfa, frijón, camote y otros productos. En materia de fruticultura, va a la cabeza la producción de mango, guayaba, durazno, plátano, ciruela del país y demás. Si nos referimos a la ganadería, su máxima producción es el ganado vacuno, le sigue el porcino, luego el asnal, caballar, lanar caprino. También, como en muchas regiones de nuestro país, se ha desarrollado la producción avícola y la apicultura. Entre las industrias destaca la fabricación de famosos sombreros de palma, desde la clase popular hasta los sombreros tejidos de una manera artística y delicada. La fabricación de Huarache es una de las industrias más importantes hoy en día, al igual que el sombrero, este producto se exporta a muchos países y tiene una gran demanda.

COMUNICACIONES Las comunicaciones de que disfruta Sahuayo son excelentes; atraviesa la población la carretera México-Morelia-Guadalajara. A unos cuantos kilómetros de Sahuayo está la desviación que une la antes mencionada carretera con la ciudad de Colima y el puerto de Manzanillo. De Sahuayo parte otra carretera que toca diversos municipios, tales como Venustiano Carranza y Pajuacarán: esta carretera termina en la ciudad de La Barca, Jal. de donde se toma la autopista Guadalajara-México; también tiene la famosa carretera Sahuayo-Jiquilpan que es la más importante entre estas dos ciudades.[Ref.2]



Historia del Patrón Santiago



Tlahualiles - Cada año se juntan varios grupos de tlahualiles, cada uno con su máscara y traje diferente. Los tlahualiles representan a los moros de la [batalla del clavije](#). [Ref 2]

Los primeros habitantes de la región, se dividieron en varias fracciones y en los lugares donde se asentaron, fundaron pueblos con nombres, naturalmente, de su propio idioma, como fue el caso de Sahuayo.

Esta región fue sometida en épocas posteriores al imperio Purhépecha, por Tzitzispandácuare cuando éstos adquirieron un fuerte predominio y los aztecas se concentraron en el Valle de México. A la llegada de los españoles, bajo el mando de Alonso de Ávalos formó parte de la provincia de Ávalos, la cual abarcó Tuxpan, Tuzantla, Sayula y Sahuayo. Pasó a formar parte de la encomienda de Hernán Cortés, el cual la cedió a la vez a Gonzalo de Galván.



La conquista espiritual la hicieron los frailes de la orden de San Francisco y se atribuye a Fray Juan de Badia. Para 1540 Sahuayo dependía eclesiásticamente de Jiquilpan. En 1555, pasó a pertenecer a Jacona y en 1570, al convertirse Ixtlán en Parroquia secular, pasó a formar parte de ella junto con Caro, Guarachita y Cojumatlán. Dependía civilmente de Zamora.

A partir de 1545, en la región se da una expansión de españoles, los cuales se establecen en la tierra de los naturales despojándolos. En 1567, el Marqués de Folces repartió esta región para estancias ganaderas de españoles. A fines del siglo XVI, se da el acaparamiento de tierras más grande de la región. El caso de la hacienda de Guaracha, que a través de despojos y compraventas ilegales de tierras indígenas o absorbiendo a las comunidades dejando sus terrenos dentro de la hacienda para obtener fuerza de trabajo, logró conformar al latifundio más grande del occidente de Michoacán y abarcó entre otros lugares: Copándaro, Cuztla, La Palma, Cojumatlán, Chavinda, Buenavista, etc. [Ref. 2]

En 1643, el zamorano Pedro de Salada tuvo oportunidad de legalizar su despojos de tierras y establecer legalmente la hacienda de Guaracha. Durante la época de la colonia, la población local sufrió el azote de las pestes, por lo que disminuyó considerablemente. Ante ello, la hacienda se vio en la necesidad de introducir esclavos negros, generando la creación de nuevas costas en la zona.

A principios del siglo XVIII, la hacienda cambia de dueño y de administración, inaugurándose así un régimen de terror que va a prevalecer hasta la disolución de la hacienda. [Ref. 2]

En 1765, el curato de Sahuayo comprendía cuatro pueblos de indios, Sahuayo, que era la cabecera, San Pedro Caro, Santa María Asunción de Xuquimatlán y San Miguel Guarachita. Durante la guerra de independencia, los sahuayenses dieron un gran contingente de hombres para la lucha en favor de la libertad, ya que tomaron parte de la defensa del puerto o isla de Mezcala, al lado del cura Castellanos, que era de la región. La hacienda de Guaracha participó activamente al lado del bando realista, por lo que los insurgentes la asaltaron varias veces. Sahuayo se constituyó en municipio por Ley del 10 de diciembre de 1831.

Durante la época de la Reforma, fue refugio de los conservadores, teniendo un gran cambio en 1861, en que fue vendida la mitad de la hacienda de Guaracha, a más de 50 compradores, por la dueña Doña Antonia Moreno de Depayre. La parte vendida fue la del occidente de la Laguna y Cojumatlán. Surgen así nuevos propietarios, dueños de grandes capitales. Durante la intervención francesa, la población fue escenario de encuentros entre franceses y republicanos, fue tomada y saqueada por uno y otro bando. El 13 de abril de 1891, su cabecera fue elevada al rango de Villa con el nombre de Sahuayo de Porfirio Díaz.



En la época porfirista Sahuayo padeció nuevamente por las pestes, a la par se introducían mejoras materiales tanto en la población como en la infraestructura agrícola. El dueño de la hacienda de Guaracha construyó la presa de San Agustín, un ingenio moderno y consiguió que el ferrocarril llegara a la hacienda en 1901. Surgen grupos de arrieros, artesanos y comerciantes.

Para 1905 se inició la desecación de la laguna de Chapala, que incrementó la riqueza de los terratenientes de la zona, que obtuvieron más tierras y aprovecharon para terminar de despojar a los campesinos o de denominarlos mediante el control del agua. Para 1912 la población sufrió la ruptura del bordo que desecó la región. Esto, además de otros estragos naturales, impidieron la participación inmediata de la revolución. Es hasta el año de 1916 y 1920 que se involucra al movimiento revolucionario. La población tendrá una participación activa durante el conflicto religioso de los cristeros.

Después de la solución al conflicto religioso cristero, se da a través del cura local, la campaña contra el agrarismo, intimidando a los campesinos que intentaban recuperar sus tierras, siendo hasta 1930, cuando el Gobernador Lázaro Cárdenas, dá una primera resolución para repartir parte de la hacienda a campesinos de Sahuayo. Posteriormente, en el año de 1936, estando Cárdenas en la Presidencia de la República, se ordena el reparto, entre los campesinos, de las tierras de la hacienda. Se funda el ejido Emiliano Zapata.

El 28 de noviembre de 1952, por su desarrollo económico, se le otorga a Sahuayo el título de Ciudad y para 1967, se le cambió el apellido de Díaz por el del gran héroe de la independencia quedando Sahuayo de José María Morelos.

Personajes ilustres

Luís Sahagún Cortes (1900- ?).- Maestro pintor. Fue Director de la Escuela de San Carlos en México

Alfredo Gutiérrez Magallón.- Compositor y violinista, de la Orquesta Sinfónica de México

Demetrio Rojas.- Director de primer periódico seminario publicado en Sahuayo "La Verdad"

Pbro. Felipe Villaseñor (1876-1962).- Benefactor de la población de Sahuayo quien construyó la presa para dotar de agua a la población, gestionó la introducción del drenaje, donó el terreno para la construcción de un edificio para las M.M. Dominicas y apoyó a los salesianos para que establecieran la Escuela de Artes y Oficios.

Don Felipe Arregui.- fue quien colocó la primera piedra de la Parroquia del Sagrado Corazón y fue el encargado de levantarla con sus tres altares y parte del decorado.

José Sánchez Villaseñor.- Filósofo y maestro Fundador de la Universidad Iberoamericana, publicó varios libros.

Ing. José Luís Arregui.- Benefactor del pueblo de Sahuayo



Cronología de hechos históricos

- 1540, Sahuayo dependía eclesiásticamente de Jiquilpan
- 1545, Se acentúa la expansión española y el despojo a las comunidades indígenas
- 1555, Sahuayo pertenece a Jacona
- 1567, El Marqués de Folces repartió la región de Sahuayo para estancias ganaderas de españoles
- 1570, Sahuayo pasó a formar parte de la Parroquia de Ixtlán
- 1643, El zamorano Pedro de Salada legaliza su despojos de tierras y se establece legalmente la hacienda de Guaracha.
- 1831, 10 de diciembre, Sahuayo se constituye en Municipio
- 1861, Es vendida la mitad de la hacienda de Guaracha
- 1891, 13 de abril, su cabecera es elevada al rango de Villa con el nombre de Sahuayo de Porfirio Díaz
- 1901, El ferrocarril llega a la hacienda de la Guaracha
- 1930, Sahuayo inicia su recuperación económica
- 1952, 28 de noviembre, le fue otorgado el título de la ciudad
- 1967, 28 de noviembre, a su cabecera le fue cambiado el nombre de Sahuayo de Porfirio Díaz por el de Sahuayo de Morelos.

MEDIO FÍSICO

Localización [Ref.2]

Se localiza al nordeste del Estado, en las coordenadas 20°03' de latitud norte y 102°44' de longitud oeste, a una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Venustiano Carranza, al este con Villamar, al sur con Jiquilpan, y al Noreste con Régules. Su distancia a la capital del Estado es de 215 km.

Extensión

Su superficie es de 128.05 Km² y representa el 0.21 por ciento del total del Estado.

Orografía

Su relieve lo constituyen la depresión Lerma Chápala, el sistema volcánico transversal y cerros de Las Gallinas, Santiago y de la Caja.

Hidrografía

Su hidrografía se constituye por el arroyo de Sahuayo, manantiales de agua fría como el de Las Gallinas y el rincón; y presas las fuentes y la Raya.



Clima

Su clima es templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 709.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 10.4 a 26.0º centígrados.

Principales ecosistemas

En el municipio domina la pradera con mezquite, linaloe y nopal. Su fauna se conforma por armadillo, conejo, coyote y ardilla.

Recursos naturales

La superficie forestal no es maderable y es ocupada por matorrales diversos.

Características y uso del suelo

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, cuaternario, terciario y mioceno, corresponden principalmente a los del tipo chernozem. Su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción agrícola. [Ref.2]

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Grupos étnicos

Según el Censo General de Población y Vivienda 1990, en el municipio habitan 122 personas que hablan alguna lengua indígena, y de las cuales 66 son hombres y 56 son mujeres. La principal lengua indígena que se habla es el purépecha y la segunda más importante es el maya. [Ref.2]

Evolución demográfica

En el municipio de Sahuayo en 1990, la población representaba el 1.32 por ciento del total del Estado. Para 1995, se tiene una población de 59,957 habitantes, su tasa de crecimiento es del 2.23 por ciento anual y la densidad de población es de 468 habitantes por kilómetro cuadrado. El número de mujeres es relativamente mayor al de los hombres. Para el año de 1994, se han dado 1,726 nacimientos y 311 defunciones.

Religión

La religión que predomina en el municipio es la Católica y en menor proporción Los Testigos de Jehová, Evangelistas y Luz del Mundo. [Ref.2]



INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES

Educación

En el municipio existen planteles de educación inicial como son: Preescolares, primarias, secundarias y para el nivel medio superior preparatoria, CETIS y CONALEP en el ámbito profesional UNIVA.



Salud

La demanda de servicios médicos de la población del municipio es atendida por organismos oficiales y privados en el medio urbano como los de: medicina preventiva, consulta externa, medicina general y servicios odontológicos, en las Clínicas de IMSS, ISSSTE, Hospital Regional, Hospitales Particulares y Consultorios Particulares.

Abasto

El municipio cuenta con un mercado municipal, tianguis una vez por semana, tiendas departamentales abarcando todos los artículos, ferreterías, casas de materiales y tiendas de abarrotes.

Deporte

El municipio cuenta con unidades deportivas, lienzo charro, parques recreativos, canchas de básquetbol, fútbol y voleibol distribuidas en todas las comunidades del municipio así como en la cabecera municipal.

Vivienda

El municipio cuenta aproximadamente con 10, 202 viviendas de las cuales predomina la construcción de materiales como tabique, block, piedra y cemento seguida en menor proporción por las de adobe y otros materiales.

Servicios públicos

Agua potable 90%

Drenaje 80%

Electrificación 95%

Pavimentación 40%

Alumbrado Público 95%

Recolección de Basura 95%

Mercado 95%

Rastro SI

Panteón 100%

Cloración del Agua 80%

Seguridad Pública 95%

Parques y Jardines 95%

Edificios Públicos 95% [Ref.2]

Medios de Comunicación

El municipio cuenta con los siguientes medios de comunicación: periódicos, estaciones de radio, televisión e Internet



Vías de comunicación

La cabecera municipal se comunica con la carretera federal No. 15 México - Nogales y la carretera Briseñas - Sahuayo, servicios de autobuses, teléfono, casetas telefónicas, teléfonos, correos, cobertura de telefonía celular e Internet. [Ref.2]

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Agricultura

La actividad agrícola es de gran importancia para el municipio siendo sus principales cultivos: El maíz, frijol, trigo, garbanzo y jitomate.

Ganadería

La ganadería no es tan significativa para el municipio. Se cría ganado: vacuno, porcino, caprino y aves.

Industria

El municipio cuenta con una industria establecida significando esta la principal actividad económica del municipio se cuenta con fabricas de: alimentos para ganado, forrajes y melazas, de salsas picantes, descremadoras, empacadoras de carnes frías, fabricas de sombreros de palma, de jabón corriente, de calzado de piel, huaracherías, muebles de madera, petacas, mochilas y vajillas, fabricación de juegos pirotécnicos, mosaicos, tejas y tabique, agua purificada y fabrica de hielo.

Turismo

Por sus condiciones naturales, el municipio cuenta con lugares propios para el desarrollo turístico como son: el Museo Regional de Arqueología, paisajes naturales y artesanías.

Comercio

El municipio cuenta con comercios pequeños, medianos y grandes donde la población adquiere artículos de primera y segunda necesidad.

Servicios

La capacidad de éstos en la cabecera municipal es suficiente para atender la demanda ofreciéndose: hospedaje y alimentación en los hoteles y restaurantes del municipio. [Ref.2]



ATRATIVOS CULTURALES Y TURÍSTICOS

Monumentos históricos

El municipio cuenta con varios monumentos arquitectónicos como son: la Parroquia de Santiago Apóstol, el Templo del Sagrado Corazón de Jesús, parroquia de Nuestra Señora de Guadalupe y el monumento a Cristo Rey.

Museos

El municipio cuenta con el Museo Regional de Arqueología.

Fiestas, danzas y tradiciones

25 de Julio al 4 de Agosto Celebración en honor al patrono del lugar Santiago Apóstol
Diciembre 12 Feria Comercial y artesanal.

Música

Mariachi.

Artesanías

Fabricación de sombreros, huaraches, adornos florales tejidos a mano.

Gastronomía

La comida típica del municipio es: Birria de chivo y carnitas, además de las famosas trancas.

Gobierno

Cabecera Municipal: Sahuayo de Morelos

Su principal actividad es el comercio y la industria. Cuenta aproximadamente con 57, 612 habitantes (INEGI 1990) y se localiza a 215 Km., de la capital del Estado.

PRINCIPALES LOCALIDADES

La Yerbabuena

Su principal actividad es la agricultura. Se localiza a 2 Km. , de la cabecera municipal. Cuenta con 269 habitantes aproximadamente (INEGI 1990).

Rincón de San Andrés

Su principal actividad es la agricultura. Se localiza a 3 Km.. , de la cabecera municipal. Cuenta con 776 habitantes aproximadamente (INEGI 1990).

La Puntita

Su principal actividad es la agricultura. Se localiza a 2 Km.. , de la cabecera municipal. Cuenta con 214 habitantes aproximadamente (INEGI 1990).



CRONOLOGÍA DE LOS PRESIDENTES MUNICIPALES DEL MUNICIPIO DE SAHUAYO

1940 - Salvador Ramírez Orozco
1941 - 1942 Alfonso Arias Sánchez
1943 - José María Gálvez Sánchez
1944 - 1945 Salustio Amezcua Calleja
1946 - Adolfo Amezcua Gálvez
1947 - Ramiro Sánchez del Río
1948 - 1949 Felipe Sánchez Ramírez
1950 - Francisco Núñez Gudiño
1951 - Francisco Gutiérrez Ramírez – Trinidad Núñez
1952 - Rodolfo Orozco R.
1953 - Francisco Gutiérrez Ramírez
1954 - J. Jesús Villaseñor Amezcua
1955 - 1956 Antonio Cisneros Gómez
1957 - Adán Gálvez Rodríguez
1958 - 1959 Alfonso Arias Chávez
1960 - Alfonso Sánchez Flores
1961 - Federico Núñez Arceo
1962 - Alfonso Sánchez Flores
1963 - 1965 Salvador Mújica Manzo
1966 - 1968 Trinidad Núñez Gómez
1939 - 1971 Jesús E. Villaseñor Pérez
1972 - 1974 Miguel Sánchez del Río
1975 - 1977 Javier Sánchez Degollado
1978 - 1980 Jesús Núñez Gálvez
1981 - 1983 José Arias Chávez
1984 - 1986 Alfredo Anaya Gudiño
1987 - 1989 Javier Sánchez Degollado
1990 - 1992 Felipe Pérez Valencia
1993 - 1995 Francisco Anaya Torres
1996 - 1998 Salvador García Higuareda
1999 - 2001 Rafael Ramírez Sánchez
2002 - 2004 J. Eduardo Anaya
2005- 2007 Rafael Ramírez Sánchez
2008-2011 Alejandro Amezcua [Ref.2]







INDICE

CAPITULO	PÁGINA
1 INTRODUCCION.....	3
2 MATERIALES Y DISEÑO DE MEZCLAS.....	6
3 PRUEBAS.. ..	18
4 RESULTADOS.....	96
5 DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	102
6 REFERENCIAS.....	104



CAPITULO I



INTRODUCCIÓN

El único fin de esta recopilación es que a nuestros próximos compañeros y a cualquier persona interesada en el tema tenga a la mano material que ilustre el funcionamiento de este método para la dosificación de mezclas de concreto; como es el método de Duffus Abrams.

Dichas teorías de Fuller y Duffus Abrams, son aterrizadas a un lenguaje más común por los ingenieros Alberto Dovali, Francisco Santos Oliva, M. Labastida y Luís Balcazar Padilla[1],

Otra de las finalidades de este trabajo es para hacer énfasis y crear conciencia a los dueños y encargados de las empresas concreteras de la importancia de tener primero que nada un laboratorio competitivo, en cuanto alcance y funcional, no sólo para llenar un requisito ante cliente; sino a que es ahí en el laboratorio donde nace y debería surgir el inicio de una cadena el cual culminaría con un buen producto en este caso el concreto en la industria del premezclado, esto originaría a su vez un ahorro en la industria concretera, así como también; daría la certeza a la concretera de su producto es económico eficaz y con un alto control de calidad y esto a su vez transmitiría al cliente la seguridad de que el producto obtenido contiene las características deseadas para su obra a realizar.

A través del tiempo nos hemos dado cuenta del ahorro en tiempo, en mano de obra; en cuanto a la elaboración de concreto y en la versatilidad que tiene esta industria aplicada a la industria de la construcción, a su vez la amplia gama de productos que ofrece para su optimización en la elaboración de las obras a corto plazo.

En el caso de la comparativa de métodos de dosificación proporcionar certeza y practicidad en los cálculos, por que estamos convencidos que el ingeniero civil desde nuestro muy particular punto de vista es una persona que se define como:

-capaz, en cuanto la toma inmediata de decisiones

-audaz y sobre todo,

-práctico

-como práctico hemos tratado de hacer este material didáctico, para su fácil comprensión y aplicación para cualquier persona el cual le podrá dar su punto de vista muy particular en cuanto al método que elija utilizar.

*Pruebas de control de calidad en agregados como son:

-Muestreo del agregado (NMX-C-030-ONNCCE-2004)

-Granulometrías (NMX-C-077-1997-ONNCCE)

-Densidades (NMX-C-165-ONNCCE-2004)

-Absorciones (NMX-C-165-ONNCCE-2004)

-P.V.S.S. peso volumétrico seco suelto (NMX-C-073-ONNCCE-2004)



-P.V.S.C. peso volumétrico seco compacto (NMX-C-073-ONNCCE-2004)

*Pruebas en concreto fresco:

- Muestreo en: camión revolador, pavimentadora, carretilla etc. (ASTM C 172)
- Temperatura del concreto (ASTM C 1064)
- Contenido de aire del concreto método de presión (ASTM C 231)
- Contenido de aire del concreto método volumétrico (ASTM C 173)
- Revenimiento (ASTM C 143)
- Moldeo (ASTM C 31)
- Peso volumétrico del concreto (ASTM C 138)
- Tiempos de fraguado método Vicat (NMX-C-177-1997-ONNCCE)

*Pruebas en concreto endurecido:

- Cabeceo de cilindros (NMX-C-109-1997-ONNCCE)
- Compresión axial de cilindros de concreto (NMX-C-083-1997-ONNCCE)

Control de calidad

Se ha mencionado anteriormente la calidad y el control de calidad a continuación se ampliarán estos términos:

El objetivo del control de calidad en una concretera o en cualquier laboratorio de control de calidad es:

-Garantizar la satisfacción del cliente.

-Implantar y operar un sistema de calidad en base a normas en este caso una norma importante en la operación y administración dentro de un laboratorio de control de calidad es : NMX-EC-17025-IMNC-2000, para garantizar tanto la satisfacción; de los organismos reguladores de las normas, como del cliente.

-Identificar y mejorar los procesos y mejorar los procesos que aseguren:

.La eficiencia

.Estandarización

.Estabilidad en el cumplimiento demandado por el cliente.

-Analizar, fortalecer y mejorar los controles internos de la concretera principalmente aquellos relacionados con los procesos elementales, lo que debe complementar las actividades de vigilancia, evolución y auditoría que garanticen la eficiencia de la empresa.

-Desarrollar competitividad entre el propio personal.



CAPITULO II



MUESTREO DE AGREGADOS (NMX-030-1997-ONNCCE) [Ref.3]

OBJETIVO:

El muestreo alterado tiene la finalidad de determinar las propiedades índice y de calidad de los materiales, para su utilización en las diferentes obras de ingeniería

PROCEDIMIENTO:

El procedimiento del muestreo depende si se realiza en un banco de materiales, banco de roca, trituradora ó en obra; en nuestro caso el muestreo fue en materiales pétreos almacenados:

MUESTREO DE MATERIALES ALMACENADOS.

Cuando se tiene material almacenado en la zona de explotación en la obra, el muestreo se debe hacer tomando porciones aproximadamente iguales de diferente nivel y en una misma dirección al del almacén (fig. 5). Las muestras simples obtenidas se mezclan para formar una muestra compuesta, que sea representativa del material total almacenado. Una vez analizados los materiales, se deben vaciar los datos en una hoja de registro, a fin de facilitar el informe del muestreo.

MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA.

La masa mínima recomendable para arena y grava para su análisis en laboratorio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1.-masa mínima de la muestra (Pág. 11 de 12) PREPARACIÓN DE MUESTRAS (NMX-C-170-1997-ONNCCE) [Ref.4]





CUARTEO MANUAL

Se coloca la muestra sobre una superficie plana y libre de contaminantes como pueden ser otro tipo de agregados diferentes o tierra extraños a este. Se mezcla el material dejándolo en forma de cono, dejando caer el material sobre el otro a una altura y caída constante. Por medio de la pala se ejerce presión en el eje del cono para dar lugar a lo que sería un cono truncado hasta que se obtenga un diámetro y un espesor uniformes, cuidando que cada cuarta parte del cuarteo. El diámetro debe de ser de cuatro a ocho veces el espesor. Se divide el cono truncado en cuatro partes iguales con la pala o la cuchara de albañil y se eliminan dos de las partes diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino cepillando los espacios vacíos para limpiarlos. Se mezcla el material restante y se cuarteo sucesivamente hasta reducir la muestra al tamaño requerido para las pruebas.

OBJETIVO:

La humedad de un suelo se define como la relación del peso del agua contenida en el suelo al peso de los sólidos, expresado en por ciento.

EQUIPO:

- ✓ Fuente de calor.
- ✓ Charola circular de lámina de 30 cm de diámetro.
- ✓ Espátula.
- ✓ Balanza de 2.5 kg y aproximación al 0.1 de gr.

PROCEDIMIENTO:

Se tomará de la muestra la cantidad de 1 kg, 200 gr ó 100gr, para materiales hasta tamaño máximo de 2", 1" y pasa la malla No.4, se pesa al 0.1 de gr (W_h), se seca en la fuente de calor hasta tener peso constante, o en el horno a una temperatura 100 a 110°C un tiempo de 20 horas, se deja enfriar y se pesa (W_s).

CÁLCULO:

$$w = \frac{(W_h - W_s)}{W_s} \times 100$$

DONDE:

- w = % de humedad.
- W_h = Peso humedad del material.
- W_s = Peso Seco del material.



DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (NMX-C-073-ONNCCE-2004)(NORMA ASTM C29). (NORMA S.C.T. inciso 6.01.01.002-J).

OBJETIVO:

Conocer la cantidad de material en peso seco suelto por metro cúbico.

EQUIPO:

- ✓ Báscula de 120 kg de capacidad con aproximación de 10 g
- ✓ Cubo de lámina de volumen conocido.
- ✓ Cucharón de lámina.
- ✓ Regla de 30 cm de longitud.
- ✓ Pala de mano.

PROCEDIMIENTO.

Se mezcla el material, se cuartea y de dos lados opuestos se llena el cubo con el cucharón con una altura de caída de 20 cm, se enrasa y se pesa (W1).

CÁLCULO:

$$PVSS = \frac{W1 - W2}{V} \times 1000$$

DONDE:

- PVSS = peso volumétrico seco suelto.
- W1 = peso del material más el cubo.
- W2 = peso del cubo.
- V = volumen del cubo.

NOTA: La NMX-073, maneja un factor el cual resulta de la calibración del recipiente utilizado para dicha prueba, además hace uso de las siguientes dos fórmulas:

*Humedad de la muestra:

$$H = \frac{Mh - Ms}{Ms} \dots\dots\dots(a)$$

- H: humedad de la muestra
- Mh: masa de la muestra humedad
- Ms: masa de la muestra seca



*Corrección de la volumétrica por humedad:

$$MV = \frac{mv}{1+H} \dots\dots\dots (b)$$

MV: masa volumétrica corregida

Mv: masa volumétrica corregida

H: valor de la humedad obtenida (a)

GRANULOMETRIA (NMX-C-077-1997-ONNCCE). [Ref.6]

OBJETIVO:

Conocer la distribución por tamaños de las partículas de un material para utilizarse en terracerías.

EQUIPO:

- ✓ Báscula de 120 kg de capacidad, con aproximación de 10 gr.
- ✓ Juego de mallas de las denominaciones siguientes:
3", 2", 1½", 1", ¾", 3/8", No. 4, No. 10, No. 20, No.40, No. 50, No.60, No. 100 y No. 200.
- ✓ Charolas de lámina.
- ✓ Balanza de 2500 gr de capacidad, con aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Vaso de aluminio de capacidad de 1000 ml.
- ✓ Con capacidad de mantener una temperatura de 0 °C a 110 °C, con regulador de temperatura.
- ✓ Una varilla de ¼" de diámetro y 20 cm de longitud.

PROCEDIMIENTO:

De la muestra cuarteada se tomarán dos cuarteos opuestos, se pesarán, anotándose este peso (Wt). Se cribará el material por las mallas de mayor a menor tamaño de acuerdo al estudio, se pesan los retenidos de cada malla (Wi). En el caso de mezclas de agregado fino y grueso, el material se deberá separar en dos tamaños mediante la malla No. 4, preparándose las muestras de los agregados fino y grueso por cuarteo, hasta obtener el tamaño deseado.

El material que pasa por la malla No. 4 se cuarteo hasta obtener 500 gr, la cual se separa de acuerdo a sus tamaños, usando las mallas especificadas en el formato. La operación de cribado se realiza por medio de movimientos laterales y verticales de la malla,



acompañados de sacudimientos de modo que se mantenga la muestra en movimiento continuó en la superficie de la malla. En ningún caso se deberá manipular con la mano los fragmentos de la muestra sobre la malla. Se pesan los retenidos en cada malla, en la balanza con aproximación de 0.1 de gr.

Para determinar la cantidad de agregado que pasa la malla No. 200, se utilizan 200 gr, se secan a temperatura de 100 °C a 110 °C hasta obtener peso constante, se deja enfriar y se pesa (W_{s1}), se satura 12 horas, se lava el material en el vaso, agitando en forma de 8 por un lapso de 15 segundos, se deja reposar 30 segundos, se decanta sobre la malla No. 200, repitiendo este procedimiento hasta que el agua sea clara. Enseguida se seca hasta obtener peso constante, se deja enfriar y se pesa (W_{sf}).

CÁLCULO:

Los resultados del análisis granulométrico deben incluir los porcentajes parciales retenidos en cada malla, porcentajes acumulativos retenidos y porcentajes totales que pasan cada malla, de acuerdo al estudio realizado.

$$R_i = \frac{W_i}{W_t} \times 100$$

$$A_i = \sum R_i$$

$$P_i = 100 - A_i.$$

Donde:

R_i = porcentajes parciales retenidos hasta la malla i .

A_i = porcentajes acumulativos hasta la malla i .

P_i = porcentajes totales hasta la malla i .

PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA (NORMA S.C.T. inciso 009.1). [Ref. 7]

OBJETIVO:

Determinar el porcentaje de finos (arcilla) indeseables, los cuales provienen generalmente de naturaleza plástica y susceptibles de cambios volumétricos.



EQUIPO:

- ✓ Probetas de lucita o acrílico transparente, graduadas en ml, con tapón de hule y dimensiones especificadas.
- ✓ Tubo irrigador de acero inoxidable, provisto de un tramo de manguera de hule y un sifón.
- ✓ Pisón metálico con peso de 1000 ± 5 gr, de forma y dimensiones especificadas.
- ✓ Cápsulas metálicas de 57 mm de diámetro y capacidad de 85 ± 5 cm³.
- ✓ Embudo de vidrio o plástico, de boca ancha de 10 cm de diámetro.
- ✓ Dos botellas de vidrio con capacidad mínima de 3785 ml.
- ✓ Malla No. 4 (4.75 mm)
- ✓ Balanza con capacidad de 2610 gr. y aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Horno eléctrico con regulador de temperatura.
- ✓ Guantes de hule.
- ✓ Papel filtro con velocidad de filtrado rápido.

PROCEDIMIENTO:

Esta prueba se efectúa en materiales para sub- base, base, carpeta asfáltica y concreto hidráulico. Se deberá preparar la solución madre ó solución de reserva como sigue: se pesan 454 gr de cloruro de calcio, se colocan en un recipiente que contiene 1890 ml de agua, se deja enfriar y se hace pasar por el papel filtro, posteriormente se agregan 47 gr de solución volumétrica al 40% de formaldehído R.A. y 2050 gr. de glicerina U.S.P., se mezcla y se agrega agua hasta completar 3785 ml, ya que se haya completado dicha cantidad, se debe agitar toda la solución para homogenizarla.

La solución de trabajo se prepara de la manera siguiente: se colocan en una botella de 3785 ml de capacidad 85 ± 5 ml de solución madre, se llena de agua, se agita para homogenizarla y se coloca en una repisa, la cual debe tener una altura a partir de la mesa de trabajo de 91.5 cm Del material preparado y cribado por la malla No. 4 (4.75 mm) se obtienen por cuarteo 500 gr, se humedecen y se llena la cápsula golpeándola en la base contra la mesa para lograr un mejor acomodo de las partículas y enrase de las mismas. El efectuar la prueba con material húmedo implica un ahorro de tiempo, pero los resultados son inferiores a los reales, por lo que es conveniente emplear material seco.

La prueba se efectúa por duplicado de la forma siguiente: se colocan en las probetas 101.5 ± 2.5 ml de solución de trabajo, se vacían las cápsulas con el material, procurando expulsar las burbujas de aire atrapadas y se deja reposar un tiempo de 10 minutos, transcurrido este lapso de tiempo se coloca el tapón y se inicia el agitado en forma lineal y horizontal con carrera de 20 cm, se darán 90 ciclos en treinta segundos. El operador deberá



Únicamente mover los antebrazos, se introduce el irrigador hasta el fondo para remover de esta manera las partículas finas y lavar las paredes de las probetas, procurando que los movimientos sean rotatorios y alternados, al subir el nivel se extraerá el tubo poco a poco para ajustar al nivel final de 381 cm³. Se deja la probeta en reposo un tiempo de 20 minutos \pm 15 segundos, transcurrido el periodo de reposo, se efectúa la lectura de arcilla en la escala de la probeta (si no se define bien la lectura, se dejará hasta un tiempo de 30 minutos), posteriormente se introduce lentamente el pisón, procurando no perturbar los finos en suspensión y con uno de los vértices en contacto con la pared de la probeta hasta apoyarlo en la fracción gruesa y se efectúa la lectura que nos da el marcador del pisón, siendo la lectura de arena. **RESULTADOS:**

Cálculo del equivalente de arena promediando las dos pruebas.

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Los cálculos y resultados de la prueba se realizan mediante el formato No. P-01.

DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN EN MATERIALES PÉTREOS [Ref.8]

ABSORCIÓN DE GRAVAS (NORMA ASTM C 127) (NORMA SCT inciso 11-5.19).

OBJETIVO:

Determinar la cantidad de agua que tiene el material, con respecto al peso seco del mismo en por ciento.

EQUIPO:

- ✓ Balanza de 2.5 kg de capacidad, con aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Vaso de aluminio de 1000 ml de capacidad.
- ✓ horno eléctrico de 0 °C – 150 °C, con regulador de temperatura.
- ✓ Franela.

PROCEDIMIENTO:

La muestra se criba por la malla de 3/4" y 3/8", de este material se utilizan 300 gr. aproximadamente, se satura en agua con temperatura de 15 °C a 25 °C durante 24 horas, se lava y con la franela ligeramente húmeda se seca superficialmente y se pesa (W),



posteriormente se coloca en el horno a temperatura de 100 °C a 110 °C, durante 20 horas, se deja enfriar y se pesa (W_s).

CÁLCULO:

$$w = \frac{W_1 - W_s}{W_s} \times 100$$

donde:

- w = % de absorción.
- W_1 = Peso superficialmente seco.
- W_s = Peso seco.

ABSORCIÓN EN ARENAS (NMX-C-165-ONNCCE-2004). [Ref.9]

OBJETIVO:

Determinar la capacidad máxima de absorción que tiene un agregado fino en por ciento, a través del incremento en su masa

EQUIPO:

- ✓ Balanza de 2.5 kg de capacidad, con aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Vaso de aluminio de 1000 ml de capacidad.
- ✓ Horno eléctrico de 0 °C – 110 °C, con regulador de temperatura.
- ✓ Parrilla eléctrica.
- ✓ Pizón
- ✓ Espátula
- ✓ Cono metálico (truncado)
- ✓ 2 kg De arena aproximadamente.

PROCEDIMIENTO:

El material es secado a una temperatura de 110°C ± 5°C, durante 24 hr. Posteriormente se satura o se sumerge en agua el material durante 24 hr a temperatura ambiente.

Se seca el material en parrilla eléctrica teniendo cuidado de no dejar pasar la muestra en su M.S.S.S. (masa saturada y superficialmente seca); esto es posible de apreciar y lograr al estar revisando la muestra constantemente con el cono de metal y el pizón, llenándolo en tres capas las cuales se apisona la primera capa con 8 golpes la segunda capa con 9 y la tercera capa con 8 para completar un total de 25 golpes; cada una de las capas debe de llenar el molde y si el material rebasa el límite del molde se hace un pequeño enrazado en forma de sierra tratando de evitar lo mayor posible el sobre apisonado. Enseguida se retira el cono cuidadosamente y si el material tiende a disgregarse esta



característica indicara que el material esta en la condición de saturado y superficialmente seco.

Lo que proseguirá es tomar una muestra representativa y pesarla. Secamos esta muestra en la parrilla dejamos que se establezca su temperatura y enseguida pesamos y

empleamos la siguiente formula: $\%absorsion = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$

Ph: Peso saturado y superficialmente seco

Ps: Peso seco del materia DENSIDAD DE ARENAS (NORMA ASTM C 128) (NORMA S.C.T. inciso 11-5.18)(NMX-C-165-ONNCCE-2004). [Ref. 10]

OBJETIVO:

Establecer la secuencia de pasos que permitan determinar la densidad de la arena, la cual se utiliza para diseñar o verificar la funcionalidad de una mezcla de concreto.

EQUIPO:

- ✓ Molde tronco cónico de diámetro superior de 3.8 cm, diámetro inferior 8.85 cm y altura de 7.52cm.
- ✓ Pisón con un peso de 326.5 gr y diámetro inferior 2.54cm.
- ✓ Fuente de calor.
- ✓ Charola rectangular de 30 cm X 40 cm X 10 cm mínimo.
- ✓ Espátula trapecial.
- ✓ Balanza de 2.5 kg con aproximación de 0.1 de gr.
- ✓ Charola circular de 30 cm de diámetro.
- ✓ Picnómetro para arenas.

PROCEDIMIENTO:

Se utiliza 1 kg de material representativo de la muestra que fue cribada por la malla No.4 ó No. 8 (concreto y mortero), de acuerdo al estudio por realizar, se pone a saturar un tiempo de 24 horas, posteriormente se coloca en la charola rectangular, se seca el material hasta una humedad cercana a la de absorción. Una vez fría la muestra se coloca en el cono en tres capas, aplicando 25 golpes distribuidas en las tres capas con el pisón, procurando que la carga sea únicamente la del peso del pisón. Se levanta el molde tronco cónico y cuando el material se desliza ó derrumba en sus bordes solamente, se tiene en las condiciones adecuadas. Esta operación se repetirá tantas veces sea necesario, hasta lograr lo anterior, se pesa una muestra representativa que puede ser 200 a 500 gr. Aproximadamente, previamente se afora el picnómetro a una capacidad conocida se pesa el picnómetro con el agua aforada, y se anota este valor, se vacía el agua del y se agrega el material saturado y



superficialmente seco y se agrega agua al nivel que fue aforado. Y se pesa en su totalidad y se anota este nuevo valor para posteriormente utilizar esta nueva ecuación:

CÁLCULO:

$$D_{sss} = \frac{M}{C + D - E}$$

D_{sss} : densidad del material, saturado y superficialmente seco en g/cm^3

V_m : Volumen de la muestra en cm^3 .

C : masa del picnómetro lleno de agua en g .

M : masa de la muestra usada en g .

E : masa del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta su nivel de aforo, en g .

DENSIDAD DE GRAVAS (SCT.M-MMP-1-05/03). [Ref. 1 1]

OBJETIVO:

La determinación del volumen absoluto de las partículas de agregado grueso en peso por unidad de volumen.

EQUIPO:

- ✓ Franela
- ✓ Probetas con capacidad de 1000ml.
- ✓ Fuente de calor.
- ✓ Charola rectangular de 30 cm X 40 cm X 10 cm mínimo.
- ✓ Espátula trapezoidal.
- ✓ Bascula de 120 kg con aproximación de 10 gr.
- ✓ Charolas.
- ✓ Picnómetro para gravas.

PROCEDIMIENTO:

Se toma una muestra de agregado grueso saturada y superficialmente seca que previamente se dedujo con la capacidad del picnómetro o con la densidad media que puede ser de 2.0 y de ahí se parte para la muestra a utilizar. Se llena el picnómetro hasta el nivel del sifón, se coloca la probeta y comenzamos a agregar el material al picnómetro cuidando de que al vaciar el material no se tire el agua existente en el picnómetro de lo contrario la prueba podría darnos cierto margen de error o una lectura equivocada. Se procede a tomar la lectura de la probeta revisando que el sifón halla de ver dejado de gotear y procedemos a calcular:



$$D = \frac{P}{V}$$

D: Densidad en gr./cm³

P: Peso de la grava en gr.

V: Volumen de la grava en cm³



CAPITULO III



I.- MUESTREO DE CONCRETO HIDRÁULICO FRESCO.
(NMX-C-161-1997-ONNCCE) [Ref. 1 2]



1.1. OBJETIVO:

El objetivo de este procedimiento es establecer el método para obtener muestras representativas de concreto fresco, tal como se entrega en el sitio de la obra y con los cuales se realizan las pruebas para determinar el cumplimiento de los requisitos de la calidad convenidos. Este método incluye el muestreo de concreto fresco procedente de mezcladoras estacionarias, de pavimentadoras y de camiones mezcladores, agitadores o de volteo.

1.2. EQUIPO:

- Recipiente. Un recipiente, preferentemente de acero, limpio, impermeable y no absorbente, con capacidad mínima de 15L (charola, cubeta o carretilla)
- Cucharón, debe ser impermeable, no absorbente, con capacidad aproximada de 1 L y de forma adecuada que evite la pérdida de material por sus costados.

1.3. PROCEDIMIENTO:

Los procedimientos usados en el muestreo incluyen todas las operaciones que ayuden a obtener muestras representativas de la naturaleza y condiciones del concreto muestreado y no debe tomarse la muestra sino hasta que se haya agregado toda el agua de mezclado y la mezcla este homogénea.

1.3.1. MUESTREO DE MEZCLADORAS ESTACIONARIAS (FIJAS Y BASCULANTES):

La muestra se obtiene interceptando el flujo completo de descarga de la mezcladora, con el recipiente aproximadamente a la mitad de la descarga del tambor de la mezcladora o desviando el flujo completamente, de tal modo que descargue en el recipiente. Debe tenerse cuidado de no restringir el flujo de la mezcladora con compuertas u medios que causen segregación del concreto.

1.3.2. MUESTREO DE PAVIMENTADORAS:

El contenido de la pavimentadora debe descargarse y la muestra debe tomarse con el cucharón (no debe utilizarse pala) de por lo menos 5 distintos puntos distribuidos razonablemente en toda el área del volumen descargado. Debe evitarse la contaminación con los materiales de las capas del pavimento (base, sub.-base) o un contacto prolongado con una capa absorbente.



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 la descarga, teniendo la precaución de no tomarla antes de descargar el 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. La velocidad de descarga debe controlarse con el número de revoluciones de la olla y no por la menor o la mayor abertura de compuerta.

1.3.4. MUESTREO DE CAMIONES DE CAJA, CON O SIN AGITADORES, DE VOLTEO U OTROS TIPOS:

La muestra debe obtenerse por cualquiera de los procedimientos descritos en los párrafos 16.3.1, 16.3.2, 16.3.3, el que sea más aplicable bajo las condiciones dadas.

1.3.5. CANTIDAD DE LA MUESTRA:

La muestra debe de ser una cantidad suficiente para la realización de todas y cada una de las pruebas. Se recomienda que la muestra sea superior al volumen requerido y este de acuerdo con el tamaño máximo del agregado.

1.3.6. REMEZCLADO DE LA MUESTRA:

La muestra debe transportarse sin pérdida de material al lugar donde se efectúan las pruebas y deben remezclarse para asegurar para asegurar su uniformidad.

1.3.7. TIEMPO:

El intervalo entre la obtención de la primera y la última porción de una muestra debe de ser tan corto como sea posible, y nunca más de 15 min. El periodo entre tomar la muestra y usarla no debe exceder de 15 min. Las pruebas de revenimiento o de aire incluido deben iniciarse dentro de los 5 minutos después de que el muestreo se haya terminado.

La muestra debe protegerse en ese intervalo de los rayos solares, el viento y otros factores que causen rápida evaporación o contaminación de la muestra.



2. DETERMINACIÓN DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO. (NMX-C-156-1997-ONNCCE). [Ref. 13]



2.1. OBJETIVO:

El objetivo del presente procedimiento es determinar la consistencia del concreto fresco mediante el revenimiento.

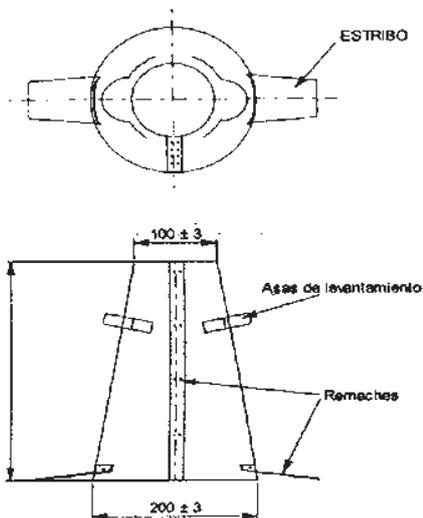
2.2. DEFINICIONES:

REVENIMIENTO.- Es una medida de la consistencia del concreto fresco en términos de la disminución de altura.

2.3. EQUIPO.

- **MOLDE:** De metal o cualquier otro material no absorbente, no susceptible de ser atacado por la pasta de cemento. El molde debe ser rígido y tener la forma de un tronco de cono de 20 cm de diámetro en la base inferior, 10 cm en la parte superior y 30 cm de altura, con una tolerancia de ± 3 mm en cada una de estas dimensiones.

La base y la parte superior deben de ser paralelas entre sí y deben formar un ángulo recto con el eje longitudinal del cono. Debe de estar provisto de dos estribos para apoyar los pies y de dos asas para levantarlo. La superficie interior del molde debe de ser lisa, libre de protuberancias o remaches, el cuerpo del cono no debe tener abolladuras y puede estar fabricado con junta o costura. Como se observa en la siguiente figura.



CONO DE REVENIMIENTO

NOTA: Las dimensiones se refieren a medidas interiores.

- PLACA PARA REVENIMIENTO.

- **VARILLA PARA COMPACTACIÓN:** Es una barra de acero de sección circular, recta, lisa de 16mm (5/8" aproximadamente) de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, con uno o los dos extremos de forma semiesférica del mismo diámetro de la varilla (punta de bala).



- EQUIPO AUXILIAR.

Pala, cucharón, guantes de hule y escala.

2.4. PROCEDIMIENTO:

Después de haber obtenido la muestra, se remezcla el concreto con una pala o cucharón lo necesario para garantizar uniformidad en la mezcla y se procede a hacer la prueba inmediatamente.

Se humedece el molde; se coloca sobre una superficie horizontal, plana rígida, húmeda y no absorbente (placa para revenimiento) procurando que la superficie de apoyo de la placa sea lo más horizontal posible.

El operador debe mantener el molde firme en su lugar durante la operación de llenado, apoyando los pies en los estribos que tiene para ello el molde. A continuación se llena el molde con tres capas aproximadamente de igual volumen. La primera capa corresponde a una altura aproximada de 7 cm, la segunda capa debe llegar a una altura de aproximadamente 15 cm y la tercera al extremo del cono. Se compacta cada capa con 25 penetraciones de la varilla introduciéndola por el extremo redondeado, distribuidos uniformemente sobre la sección de cada capa, por lo que es necesario inclinar la varilla ligeramente en la zona perimetral; aproximadamente la mitad de las penetraciones se hacen cerca del perímetro, después con la varilla vertical, se avanza en espiral hacia el centro. Se compacta la segunda capa y la superior a través de todo su espesor, de manera que la varilla penetre en la capa anterior aproximadamente 2 cm, para el llenado de la última capa se coloca un ligero excedente de concreto por encima del borde superior del cono, a la décima y/o vigésima penetración, se agrega concreto en exceso para mantener su nivel por encima del molde, todo el tiempo. Después de terminar la compactación de la última capa, se enrasa el concreto mediante un movimiento de rodamiento de la varilla.

Se limpia la superficie exterior y la base del cono, e inmediatamente se levanta el molde con cuidado en dirección vertical.

La operación para levantar completamente el molde los 30 cm de su altura, debe hacerse en $5s \pm 2s$, alzándolo verticalmente sin movimiento lateral o torsional. La operación completa desde el comienzo del llenado hasta que se levante el molde, debe hacerse sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2.5 mín. Se mide inmediatamente el revenimiento, determinando el asentamiento del concreto a partir del nivel original de la base superior del molde, midiendo esta diferencia de alturas en el centro desplazado de la superficie superior del espécimen.



2.5. PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN:

El revenimiento *debe* medirse con una aproximación de 1 cm. En esta prueba se obtienen valores confiables de revenimiento en el intervalo de 2 cm a 20 cm.

2.6. INFORME DE LA PRUEBA:

El informe *debe* registrarse en el formato correspondiente y contendrá los siguientes datos:

- a) Revenimiento obtenido en cm.
- b) Revenimiento de proyecto.
- c) Tamaño máximo del agregado.
- d) Identificación del tipo de concreto.



3. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA, CÁLCULO DEL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO. (NMX-C-162-ONNCCE-2000). [Ref. 14]



3.1. OBJETIVO

El objeto del presente procedimiento es la determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico: no es aplicable a los concretos secos o de bajo revenimiento, tales como los que se usan en la fabricación de elementos precolados.

3.2. DEFINICIONES.

3.2.1. Masa Unitaria.

Cantidad de materia contenida en un metro cúbico de concreto fresco (Kg/m³).

3.2.2. Rendimiento.

Es el volumen de concreto fresco producido por una cantidad de ingredientes, obtenido del cociente del valor de la masa total de los ingredientes entre el valor de la masa unitaria del concreto fresco.

3.2.3. Contenido de aire.

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

3.3. EQUIPO, APARATOS Y/O MATERIALES AUXILIARES.

3.3.1. Balanza o báscula. La balanza debe tener una precisión de 0.1 % de la carga de prueba, dentro del rango de uso. El rango de uso comprende desde la masa del recipiente vacío, hasta la masa más su contenido de concreto.

3.3.2. Vibrador interno. Puede ser de flecha rígida o flexible, accionada preferentemente por un motor eléctrico. La frecuencia de operación debe ser mínima de 7000 vibraciones por minuto, el diámetro exterior del cabezal debe de ser de 30 mm \pm 10 mm y una longitud mínima de 600 mm, (cabezal y flecha).

3.3.3. Vibrador interno. Puede ser de flecha rígida o flexible, accionada preferentemente por un motor eléctrico. La frecuencia de operación debe ser mínima de 7000 vibraciones por minuto, el diámetro exterior del cabezal debe de ser de 30 mm \pm 10 mm y una longitud mínima de 600 mm, (cabezal y flecha).

3.3.4. Mazo o martillo. De neopreno o forrado de cuero con un peso de 0.4 Kg a 0.8 Kg, para recipientes de 14 L o menores y de 0.8 Kg a 1.2 Kg para recipientes con capacidad mayor de 14 L (véase tabla 2)



Tabla 1. Capacidad y dimensiones del recipiente.

Capacidad del recipiente (L)	Diámetro interior (mm)	Altura interior (mm)
5	170+ ₂	220+ ₂
10	205+ ₂	305+ ₂
14	245+ ₂	317+ ₂
28	347+ ₂	398+ ₂

3.3.5. Placa enrasadora. Debe ser una placa rectangular, plana con un mínimo de 6 mm de espesor si es de metal, o de 12 mm si es de vidrio o de material acrílico, con una longitud y un ancho mínimos de 150 mm mayor que el diámetro del recipiente con el cual se use. Los cantos de la placa deben ser rectos y lisos, con una tolerancia de +_{1.0} mm.

3.3.6. Recipiente o unidad de medición. Se debe emplear un recipiente cilíndrico de metal no atacable por la pasta de cemento, estanco y suficientemente rígido para conservar su forma y volumen calibrado bajo uso rudo. Debe ser maquinado en forma tal, que conserve medidas precisas en su parte interior y de preferencia provisto de dos manijas. El borde superior del recipiente se considera 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. Su capacidad debe de estar de acuerdo con la Tabla 2. La capacidad calibrada del recipiente puede tener una tolerancia de +_{5%} respecto a su capacidad nominal. Las dimensiones estarán de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 2. 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

Recipiente maquinado. Los recipientes maquinados pueden tener redondeada la intersección del fondo con las paredes, con un radio que no exceda de 10 mm. Se deben emplear recipientes de forma cilíndrica, pero el diámetro del fondo puede ser un 10 % menor que el diámetro de la superficie.

3.3.7. Termómetro. Con una precisión de 1°c.



3.3.8. Varilla de compactación. Debe ser de sección circular, de acero, recta, lisa, de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, con uno de los extremos semiesféricos.

- Pipeta.
- Cuchara de albañil.
- Grasa de bomba o chasis (grasa gruesa).
- Agua potable o destilada.
- Estopa o franela.

3.4. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA.

La muestra se obtendrá de acuerdo a lo indicado en el procedimiento (JL-IP-016-01-2006). Una vez obtenida la muestra se coloca en el recipiente y se compacta. En los recipientes de capacidad menor de 10 L se compacta la muestra con varilla para evitar pérdida excesiva de aire incluido. En recipientes de 10 L de capacidad o mayores, el método de compactación puede ser por varillado o por vibración interna, lo anterior se selecciona con base en el revenimiento de la mezcla, a menos que se establezca otro procedimiento en las especificaciones particulares de la obra. Se debe varillar el concreto que tenga revenimiento mayor de 80 mm; se pueden varillar o vibrar los concretos con revenimientos de 30 mm a 80 mm; se deben vibrar los concretos con revenimientos menores de 30 mm.

3.5. PROCEDIMIENTO.

3.5.1 Varillado. Se coloca el concreto en tres capas de igual volumen aproximadamente. Cada capa se compacta con 25 penetraciones de la varilla si el volumen es de 14 L o menos; y con 50 penetraciones si el volumen es mayor de 14 L. La varilla debe penetrar en la capa inferior en todo su espesor, pero sin golpear el fondo del recipiente. Se distribuyen las penetraciones de la varilla uniformemente en toda la superficie del concreto. Para las dos capas superiores, la varilla

debe penetrar aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior. Después de compactar cada capa, se deben dar ligeros golpes con el martillo o mazo apropiado a los lados del recipiente, hasta que se cierren los huecos dejados por la varilla de compactación y se liberan las burbujas o bolsas de aire que pudieran estar atrapadas. Al agregar la última capa se debe de evitar el rebosamiento.

3.5.2. Vibración interna. Se llena el recipiente y se vibra el concreto en dos capas iguales aproximadamente. Se inserta el vástago del vibrador en tres puntos diferentes de cada capa evitando tocar los lados del recipiente. Durante la



compactación de la capa inferior, no se debe de apoyar o tocar con el vibrador el fondo. En la compactación de la capa superior, el vibrador debe penetrar en la capa anterior 20 mm aproximadamente. El tiempo requerido de vibración depende de la trabajabilidad de la mezcla y de la eficiencia del vibrador. En general el vibrador es suficiente tan pronto como la superficie del concreto se vuelve relativamente lisa y el agregado grueso tiende a desaparecer.

Se debe tener cuidado de no sobre vibrar ya que esto causa segregación y pérdida de una apreciable cantidad de aire incluido y mantener una duración uniforme de vibración para una misma clase de concreto, un mismo tipo de vibrador y un mismo recipiente.

Terminada la compactación, el recipiente no debe contener exceso o falta de concreto. El contenido óptimo es aquel en que el concreto sobresale unos 3 mm sobre el borde superior del recipiente. Se puede agregar una pequeña porción de concreto para completar la cantidad óptima. Si el recipiente contiene una cantidad considerable de concreto este excedente se retira con una cuchara de albañil inmediatamente después de terminar la compactación y antes de que se enrase.

3.5.3. Enrase. Al terminar la compactación se enrasa la superficie del concreto con la placa enrasadora hasta dejar la superficie pulida y justo a nivel con el borde del recipiente. Se debe enrasar 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. Se coloca nuevamente la placa sobre la superficie del concreto, cubriendo los dos tercios enrasados y se avanza con un movimiento de sierra presionando verticalmente hasta cubrir el total de la superficie, finalmente al dar varias pasadas inclinando el filo de la placa producen un terminado pulido de la superficie del concreto.

3.5.4. Determinación de la masa. Después de enrasar, se limpia todo el exceso de concreto adherido en el exterior del recipiente y se determina la masa del concreto con la precisión indicada, cuidando que la báscula se encuentre nivelada, calibrada y fuera de corrientes de aire.

3.6. CALCULOS Y RESULTADOS.

3.6.1. Factor del recipiente. El calculo de este factor se debe realizar por lo menos una vez al año para ello es necesario medir la temperatura del agua contenida en el mismo para obtener la masa en kilogramos por metro cúbico contenida en el recipiente.

Se debe seguir el procedimiento indicado a continuación: se coloca en el borde superior grasa de bomba o de chasis (grasa gruesa), para evitar fugas de agua, se pesa el recipiente vacío con una precisión de 0.1 %, se llena el recipiente con agua a temperatura ambiente y se cubre con una placa de vidrio, se eliminan las



burbujas y el exceso de agua con una pipeta. Se pesa determinando la masa de la muestra requerida para llenar el recipiente, con una precisión de 0.1%.

Se mide la temperatura del agua y se determina la masa volumétrica de la misma según su temperatura, de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 3. Temperatura y masa volumétrica del agua.

Temperatura.		Masa volumétrica.
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

Se calcula el factor del recipiente dividiendo la masa volumétrica del agua, entre la masa de la muestra requerida para llenarlo.

$$F = Mv/Mm$$

En donde: **F** es el factor del recipiente

Mv es la masa volumétrica del agua

Mm es la masa de la muestra requerida para llenarlo

3.6.2. Masa unitaria. Se calcula la masa neta del concreto en kilogramos, restando la masa del recipiente de la masa bruta obtenida. Se calcula la masa unitaria "Mu", multiplicando la masa neta del concreto por el factor del recipiente utilizando la siguiente formula:

$$Mu = (Mb-Mr) F$$

En donde: **Mu** es la masa unitaria (masa por metro cúbico de concreto)

Mb es la masa bruta (masa del concreto + masa del recipiente)

F es el factor del recipiente

3.6.3. Rendimiento. Se calcula el rendimiento "R" (volumen real de concreto obtenido por revoltura), dividiendo la masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura "M₁", entre la masa unitaria "Mu". La masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura es la suma de la masa del cemento, del agregado fino, del agregado grueso en las condiciones que se usan, del agua de



mezclado agregada a la revoltura y de cualquier otro material, sólido o líquido que se adicione y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$R = M_i / M_u$$

En donde: R es el volumen real de concreto obtenido por revoltura, en m^3

M_i es la masa total de todos los materiales incluidos en una revoltura, en Kg.

M_u es la masa unitaria, en Kg/m^3

3.6.4. Rendimiento relativo. Es la relación entre el volumen real de concreto obtenido y el volumen de diseño teórico de una revoltura, calculado como sigue:

$$R_r = R / V_t$$

En donde: R_r es el rendimiento relativo

R es el volumen real de concreto obtenido por revoltura (rendimiento), en m^3

V_t es el volumen de concreto teórico que produce una revoltura en m^3

3.6.5. Contenido de cemento. Se calcula el contenido de cemento como sigue:

$$C_c = M_c / R$$

En donde: C_c es el contenido real de cemento, $Kg. / m^3$

M_c es la masa del cemento por revoltura, Kg.

R es el volumen real del concreto obtenido por revoltura (rendimiento), en m^3

3.6.6. Contenido de aire. Este contenido debe ser calculado exclusivamente en concretos en los que se incluya aire por medio de aditivos. Se calcula el contenido de aire de la siguiente manera:

$$A = ((M_t - M_u) / M_t) \times 100$$

O bien:

$$A = ((R - V_a) / R) \times 100$$

En donde: A es el contenido de aire en el concreto (porcentaje de vacíos)

M_t es la masa teórica del concreto, considerándolo libre de aire, en (Kg / m^3)



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 (M_t) del concreto por metro cúbico, se determina en el laboratorio y es el valor que se considera constante para todas las revolturas elaboradas, usando idénticos ingredientes y proporciones; se calcula con la expresión:

$$M_t = P_i / V_a$$

En donde: M_t es la masa teórica del concreto, considerándolo libre de aire, en (Kg./m³)

P_i 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)

El volumen absoluto de cada ingrediente en metros cúbicos es igual al cociente de la masa de dicho ingrediente en kilogramos, dividida entre mil veces la masa específica, 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 con la norma NMX-C-152-1997-ONNCCE; puede considerarse un valor de 3.10 g/cm³ para la masa específica de los cementos comprendidos en la norma NMX-C-414-ONNCCE-2004.

3.6.7. Precisión. La masa unitaria se debe reportar con una precisión de 0.01 Kg/m³. El rendimiento se debe reportar con una precisión de 0.01 m³. El contenido de aire en el concreto fresco con una precisión de 0.1 %.

3.7. Informe de la prueba. El informe debe incluir los siguientes datos y asentarse en el formato correspondiente:

- Datos del concreto muestreado de acuerdo a la NMX-C-161-1997-ONNCCE
 - Masa de los materiales por bachada.
 - Factor del recipiente
 - 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 se calcula)
 - Nombre y firma de quien realiza la prueba
 - Fecha
 - Características del concreto.



4. ELABORACIÓN Y CURADO, DE ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO (NMX-C-159-ONNCCE-2004) [Ref. 15]



4.1. OBJETIVO:

El objetivo de este procedimiento de prueba es establecer los procesos para elaborar y curar en el laboratorio, los especímenes de concreto utilizados para las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión diametral.

4.2. DEFINICIONES:

CURADO:

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

4.3. MATERIALES AUXILIARES:

4.3.1. PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES:

- TEMPERATURA:

Los materiales deben mantenerse a una temperatura uniforme, de preferencia entre 293 y 298 K (20 y 25°C), antes del mezclado del concreto.

- CEMENTO:

El cemento debe ser almacenado en un lugar seco, en recipientes impermeables, de preferencia metálicos.

- AGREGADOS:

Los agregados deben ser preparados antes de incorporarlos al concreto, asegurando una condición definida y uniforme de humedad. La masa de los agregados por emplearse en la revoltura debe ser determinada por los procedimientos de diseño de mezclas.

- ADITIVOS:

Los aditivos en polvo que sean completamente o en gran parte insolubles, y que deban agregarse en pequeñas cantidades, deben ser mezclados con una porción del cemento antes de introducir los materiales a la revolvedora para asegurar una mezcla uniforme en todo el concreto. Los aditivos solubles en agua y los de consistencia líquida deben ser agregados a la revolvedora en forma de solución, en el agua de mezclado. Los aditivos que sean incompatibles en forma concentrada, tales como soluciones de cloruro de calcio y algunos inclusores de aire y retardantes, no deben ser mezclados entre sí antes de ser agregados al concreto.



El tiempo y el método para agregar algunos aditivos a una revoltura de concreto pueden ocasionar efectos de importancia sobre algunas de las propiedades del mismo, tales como el tiempo de fraguado y el contenido de aire.

4.3.2. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS.

4.3.2.1. MOLDES EN GENERAL:

Los moldes y los accesorios para elaborar los especímenes de concreto deben ser de acero, fierro fundido, o cualquier otro material no absorbente y no reactivo con el concreto de cemento Pórtland y otros cementantes hidráulicos. Los moldes deben cumplir con las dimensiones y tolerancias que especifican en estas normas mexicanas y deben mantener estas dimensiones y sus formas bajo condiciones severas de trabajo. Deben ser no permeables durante su empleo y si es necesario se podrá usar un material de sello que evite la fuga de lecheada de cemento pro las juntas, tal como, grasa, plastilina o parafina. Deben estar provistos de los elementos necesarios para fijarlos a sus bases. A los moldes de uso repetitivo se les debe aplicar un desmoldante que facilite sacar los especímenes del molde.

4.3.2.2. MOLDES CILÍNDRICOS VERTICALES:

Los moldes deben ser de lámina gruesa, o de cualquier otro material rígido y no absorbente. El plano definido por el borde del cilindro debe ser perpendicular a su eje. Las dimensiones del molde no deben variar de los valores especificados, en más de 1% en su diámetro, ni en 1 % del valor nominal en su altura, ningún diámetro nominal debe diferir de cualquier otro en mas del 2 %.

4.3.2.3. MOLDES CILÍNDRICOS VERTICALES DESECHABLES.

Los moldes desechables deben cumplir con las características establecidas en 4.3.2. Se requiere una atención especial para garantizar que las deformaciones se mantengan dentro de las tolerancias especificadas y que los materiales no sean absorbentes. Los hechos con lámina delgada o de otro material deben ser empleados con la preparación necesaria para asegurar que no se deformen más de la tolerancia especificada.

4.3.2.4. MOLDES CILINDRICOS HORIZONTALES PARA PRUEBA DE DEFORMACIÓN DIFERIDA (FLUJO PLASTICO): NMX-C-281-1985 [Ref. 16]

Estos moldes deben tener la forma y cumplir con las dimensiones y tolerancia indicadas en 4.3.2. y se emplean únicamente para aquellos especímenes que contengan deformímetros ahogados axialmente. Deben tener una ranura horizontal con un ancho de medio diámetro del espécimen y a todo lo largo del molde, a fin



de recibir el concreto con el molde en posición horizontal. Si es necesario los bordes de la ranura deben estar reforzados para mantenerlos indeformables.

Deben contar con dos placas metálicas, torneadas, de cuando menos 25 mm de espesor para las bases del cilindro, cuando las superficies se aparten de la perpendicular al eje en más de 0.5° , aproximadamente 3 mm en 300 mm o presenta irregularidades respecto de un plano que exceda de 0.05 mm se prepararan las bases de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-109-ONNCCE. Deben contar con dispositivos para fijar firmemente las bases al molde y los necesarios para colocar en posición correcta el medidor de deformaciones, la superficie interior de cada base debe contar cuando menos con tres pernos de 25mm de longitud, firmemente sujetos a la placa, a fin de quedar ahogados en el concreto. A una de las bases se le hará una perforación de adentro hacia fuera, con un ángulo tal, que permita el paso del alambre del medidor de deformaciones a través del borde de la placa y del menor diámetro posible.

4.3.2.5. MOLDES PRISMÁTICOS (VIGAS):

Los moldes para las pruebas de flexión u otros que requieran especímenes de forma prismática deben ser rectangulares, a menos que se especifique otra forma, y de las dimensiones que estipule el método de prueba correspondiente. Los lados y el fondo deben formar ángulos rectos entre sí deben ser superficies planas. La máxima variación que se permite en cualesquiera de las dimensiones de su sección transversal nominal es de ± 3 mm para moldes con una profundidad de 150 mm ó más, y de ± 1.5 mm para moldes de profundidades menores. Los moldes no deben variar de la longitud en ± 1.5 mm, excepto para los especímenes de flexión.

Los moldes de los especímenes para las pruebas de flexión no deben ser más cortos que 1.5 mm de la longitud requerida, pero si pueden tener mayor longitud.

4.3.2.6. VARILLA PARA COMPACTACIÓN:

Según el tipo de prueba se especifican dos tamaños de varillas; cada una debe consistir en una barra lisa cilíndrica de acero, cuando menos con un extremo semiesférico, de diámetro igual al de la barra. Si se prefiere, los dos extremos pueden ser redondeados.

VARILLA LARGA.

Consiste en una barra lisa de 16mm de diámetro y 600 mm \pm 30 mm de largo.

VARILLA CORTA.

Consiste en una barra lisa de 10mm de diámetro y 300 mm \pm 15 mm de largo.

4.3.2.7. VIBRADORES:

VIBRADORES DE INMERSIÓN.

Los vibradores de inmersión, pueden ser de flecha flexible o rígida, de preferencia accionados por un motor eléctrico. Su frecuencia de vibración dentro del concreto, debe ser de 7000 o más vibraciones por minuto. El diámetro externo o



la dimensión lateral del cabezal, no deben ser menores de 20 mm ni mayores de 40 mm.

VIBRADORES EXTERNOS.

Pueden ser de dos tipos: de mesa o de plancha. Su frecuencia de vibración no debe ser menor de 3,600 vibraciones por minuto y de preferencia mayor. Se debe contar con dispositivos para fijar firmemente los moldes al aparato vibrador y se debe emplear un tacómetro para verificar la frecuencia de vibración.

Los impulsos vibratorios frecuentemente se imparten por medio de vibradores electromagnéticos, o por masas excéntricas accionadas directa o indirectamente con motores eléctricos.

4.3.2.8. CHAROLAS DE LÁMINA:

4.3.2.9. EQUIPO DE REVENIMIENTO:

El equipo para revenimiento debe cumplir con los requisitos de la NMX-C-156.

4.3.2.10. HERRAMIENTAS AUXILIARES:

Se debe contar con herramientas auxiliares, tales como: palas, llanas, enrazadores, cucharones, reglas y guantes de hule.

4.3.2.11. BÁSCULA:

La báscula debe tener una aproximación del 0.3% de la carga de prueba en cualquier punto dentro del intervalo de uso. En general, no se debe determinar la masa de cantidades pequeñas en básculas de gran capacidad. En todos los casos, la menor masa por determinar debe ser mayor que el 10% de la capacidad de la báscula. Sin embargo, esto puede variar de acuerdo a la sensibilidad y funcionamiento de cada báscula, y de la aproximación deseada. Las básculas aceptables para determinar la masa de materiales para concreto deben tener una aproximación de 0.1 %.

4.3.2.12. MEZCLADORA DE CONCRETO:

Puede consistir de un tambor rotatorio, de una revoladora basculante, de una mezcladora de espas con eje horizontal o de una mezcladora de espas con eje vertical, capaz de mezclar íntimamente las revolturas del tamaño y revenimiento requerido.



4.4. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS:

4.4.1. Criterios para determinar el tipo de especímenes a elaborar.

Los especímenes de concreto se clasifican en los siguientes tipos:

- a).-Cilíndricos
- b).-Prismáticos (vigas y/o cubos)
- c).-De otras formas.

a).- Especímenes cilíndricos:

Se elaboran para las pruebas de compresión, modulo de elasticidad, flujo plástico y compresión diametral, con un diámetro mínimo de 50 mm y una longitud mínima de 100 mm. Los especímenes cilíndricos para las pruebas anteriores, excepto para la de flujo plástico deben elaborarse y dejarse endurecer con el eje del cilindro en posición vertical. Los especímenes cilíndricos, para la prueba de flujo plástico, se podrán elaborar con el eje del cilindro horizontal o vertical y se deben dejar endurecer en la posición original como fueron elaboradas.

b).- Especímenes prismáticos (vigas y/o cubos):

Especímenes tales como vigas para la prueba de flexión, cubos para la prueba de compresión, barras para ciclos de congelación, deshielo, adherencia, cambios de longitud, cambios de volumen y otros se deben elaborar con su eje mayor horizontal, excepto que otra posición sea requerida por el método de prueba correspondiente, y deben cumplir con las dimensiones especificadas en dichos métodos de prueba.

c).- Especímenes con otra geometría:

Se pueden elaborar especímenes de otras formas, para pruebas especiales, siguiendo el procedimiento que se establezca en la prueba.

4.4.2. Dimensiones del espécimen en relación al tamaño del agregado:

El diámetro de los especímenes cilíndricos o la dimensión menor de una sección transversal rectangular, debe ser cuando menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso empleado en el concreto. El tamaño máximo nominal es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad de un agregado con tolerancia en cuanto al retenido en dicha criba.



4.4.3. Número de especímenes:

La cantidad de especímenes y de mezclas de prueba depende de los objetivos establecidos y de la naturaleza del programa de pruebas. Comúnmente se proporcionan las indicaciones adecuados para determinar estas cantidades en los métodos o en las especificaciones de prueba correspondientes. En general se deben preparar dos o más especímenes para cada edad y para cada condición de prueba, a menos que otra cosa se especifique.

4.4.4. Edad de prueba de los especímenes:

Las edades de prueba comúnmente empleadas son: 7 y 28 días para las pruebas de resistencia a la compresión, ó 14 y 28 días para la de resistencia a la flexión. Los especímenes elaborados con concreto de rápida resistencia alta, se prueba frecuentemente a 1, 3, 7, 14, y 28 días de edad. Para las pruebas de resistencia a la compresión y a la flexión a edades posteriores, se emplean a menudo, 3,6 y 12 meses. Para otros tipos de especímenes se pueden requerir otras edades.

4.5. PROCEDIMIENTO:

4.5.1. Elaboración de la mezcla:

Se mezcla el concreto en una revolvedora apropiada, o a mano, en revolturas de cantidad suficiente para dejar un remanente de aproximadamente 10% después de moldear los especímenes de prueba. El mezclado a mano no debe ser empleado para concreto con aire incluido o concreto de revenimiento cero, en revolturas tentativas con volumen máximo de 7 L. Es importante que no se alteren las secuencias de mezclado ni el procedimiento de revoltura a revoltura, a menos que se pretenda estudiar el efecto de tales variaciones.

4.5.2. MEZCLADO MECÁNICO:

Preparación de la revolvedora.

Inmediatamente antes de iniciar el mezclado de la revoltura de prueba, la revolvedora debe prepararse con una revoltura de mortero o concreto proporcionada aproximadamente igual a la de prueba en cantidad suficiente para cubrir las paredes internas de la revolvedora. El mortero que se adhiere a la revolvedora después de la descarga compensa la pérdida de mortero en la revoltura. Se deben tener precauciones especiales para limpiar el revolventor y demás equipo, a fin de asegurar que las sustancias químicas o aditivos que se hayan empleado anteriormente en ciertas revolturas de concreto no afecten a las revolturas subsecuentes. **Mezclado.**

Antes de iniciar la operación de la revolvedora se añade al agregado grueso, parte del agua de mezclado y la solución de aditivos, cuando esta se requiera. Cuando



sea factible, el aditivo puede ser disuelto en el agua de mezclado antes de agregarla. Se inicia la operación de la revolvedora y luego se añade el agregado fino, el cemento y el agua mientras gira la olla. Si no resulta práctico, para algún tipo particular de revolvedora o para alguna prueba especial, el agregar los componentes descritos mientras se encuentre en operación, podrán ser adicionados a la revolvedora parada, después de haber permitido que gire unas cuantas revoluciones conteniendo el agregado grueso y parte del agua. Se mezcla el concreto durante 3 minutos, después de haber cargado todos los ingredientes, seguido de un descanso de 3 minutos; se termina con otro periodo de mezclado de 2 minutos. Se tapa la boca de la revolvedora con un paño húmedo durante el periodo de descanso para evitar la evaporación. Para evitar la segregación, se deposita el concreto mezclado por la revolvedora en una charola limpia y húmeda y se remezcla con pala o cucharón hasta obtener una apariencia uniforme.

4.5.3. MEZCLADO A MANO:

Se mezcla la revoltura en una charola o recipiente metálico liso, limpio y húmedo con un cucharón empleando el procedimiento siguiente:

Se mezcla el cemento, el aditivo insoluble en caso de requerirse, y el agregado fino, hasta lograr una combinación uniforme.

Se añade el agregado grueso y se mezcla toda la revoltura, hasta lograr su distribución uniforme. Se agrega el agua y la solución del aditivo en caso de emplearse, y se mezcla hasta obtener un concreto homogéneo en apariencia y de la consistencia deseada. Si se requiere un mezclado prolongado para ajustar la consistencia con base de incrementos de agua, se desecha esta revoltura y se elabora una nueva, en la cual no se interrumpa el mezclado.

4.5.4. Obtención de la muestra:

De la revoltura del concreto se obtiene la fracción representativa para las pruebas y para elaborar los especímenes. Cuando el concreto no este en proceso de mezclado o de muestreo, se cubre para evitar la evaporación del agua con un paño húmedo.

4.5.5. PRUEBAS AL CONCRETO FRESCO:

Consistencia.

La medida de la consistencia de cada mezcla de prueba debe realizarse inmediatamente después del mezclado, de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-156-ONNCCE. La prueba de revenimiento no es apropiada para concretos con revenimiento inferior a 20 mm ni mayores de 200 mm.



Contenido de aire.

Se determina el contenido de aire, cuando se requiera, de acuerdo con cualquiera de los métodos establecidos en las normas mexicanas NMX-C-157-ONNCCE, NMX-C-158 o NMX-C-162-ONNCCE-2004. El método de la NMX-C-157-ONNCCE no debe emplearse en concretos fabricados con agregados ligeros, escoria de alto horno o agregados de alta porosidad. El concreto empleado en la determinación del contenido de aire se desecha.

Rendimiento.

Se determina el rendimiento de cada revoltura de concreto, si es necesario, de acuerdo con la NMX-C-162-ONNCCE-2004. El concreto empleado en las determinaciones de la consistencia y rendimiento puede ser incorporado a la revoltura remezclándolo.

Tiempo de fraguado.

Cuando se requiera la determinación de los tiempos de fraguado del concreto debe realizarse de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-177-1997-ONNCCE.

4.5.6. ELABORACION DE ESPECÍMENES:

- Sitio de elaboración:

Se elaboran los especímenes lo más cerca posible al lugar en donde deben ser almacenados durante las 24 horas. Se deben colocar en una superficie rígida y horizontal, que no este sujeta a vibraciones y otras perturbaciones. Se deben evitar los movimientos bruscos, los golpes y las inclinaciones o rayado de la superficie de los especímenes.

- Colocación:

Se coloca el concreto en los moldes usando un cucharón. Es necesario el remezclado del concreto en la charola, con el cucharón, para evitar la segregación durante el moldeo de los especímenes. Se toma el concreto del recipiente de mezclado en tal forma, que sea representativo de la revoltura. Se mueve el cucharón alrededor del borde superior del molde al descargar el concreto, para asegurar una distribución uniforme y reducir la segregación del agregado grueso. Se distribuye el concreto colocado, empleando la varilla, antes de iniciar la compactación. Al colocar la última capa el operador debe procurar que la cantidad de concreto llene el molde rebosándolo después de su compactación.

- Número de capas:

Se elaboran los especímenes llenando y compactando en capas, según lo indicado en las siguientes tablas:



NÚMERO DE CAPAS REQUERIDAS PARA LOS ESPECIMENES.

TIPO Y TAMAÑOS DEL ESPÉCIMEN mm	MÉTODO DE COMPACTACIÓN.	NÚMERO DE CAPAS.	ESPELOR DE LA CAPA (APROXIMADO) EN mm
CILINDROS:			
Hasta 300	Varillado	3 iguales	
Más de 300	Varillado	Según se requiera	100
Hasta 450	Vibrado	2 iguales	
Más de 450	Vibrado	3 ó más	150 lo más cercano posible
PRISMAS (VIGAS) Y CILINDROS HORIZONTALES PARA FLUJO PLÁSTICO			
Hasta 200	Varillado	2 iguales	
Más de 200	Varillado	3 ó más	100
Hasta 200	Vibrado	1	
Más de 200	vibrado	2 ó más	200 ó lo más cercano posible.

4.6. COMPACTACIÓN:

4.6.1. Métodos de compactación:

La elaboración de especimenes adecuados requiere el empleo de diferentes métodos de compactación.

Los cuales son: el varillado y vibrado interno o externo. La selección del método de compactación, debe basarse en el revenimiento, a menos que el método se establezca en las especificaciones estructurales. Se varillan los concretos con un revenimiento mayor de 80 mm. Se varillan o se vibran los concretos con revenimiento entre 30 y 80 mm. Se compacta con vibración los concretos con revenimiento menor de 30 mm. No se debe emplear la vibración interna en cilindros de diámetro de 100 mm ó menor, o en vigas o prismas de 100 mm de ancho o altura o menos.

4.6.2. Varillado.

Se coloca el concreto dentro del molde, en el número de capas especificado, de aproximadamente igual espesor. Se varilla cada capa con el extremo redondeado empleando el número de penetraciones y tamaño de varilla especificado. Se compacta la capa inferior en todo su espesor. Se distribuyen los golpes



uniformemente en toda la sección transversal del molde y para cada capa superior, permitiendo que la varilla penetre aproximadamente 10 mm dentro de la capa inmediata inferior, cuando el espesor de esa capa sea menor a 100 mm, y aproximadamente 20 mm cuando su espesor sea de 100 mm o más. Después de compactar cada capa se debe golpear con el mazo de hule las paredes del molde para eliminar hasta donde sea posible las oquedades que deja la varilla. En el caso de los moldes prismáticos, después de que cada capa se ha varillado, debe introducirse y sacarse repetidamente una cuchara de albañil u otra herramienta adecuada en la zona de contacto del concreto y el molde en todo su perímetro.

4.6.3. Vibrado.

La duración requerida para la vibración depende de la consistencia del concreto, la efectividad del vibrador y las dimensiones del molde. Se efectúa la vibración sólo el tiempo necesario para lograr una compactación apropiada del concreto, la cual se logra en el momento en que la superficie del concreto empieza a tener un aspecto relativamente liso. El exceso de vibración puede producir segregación. Se debe procurar que el tiempo de vibrado en moldes similares y en el mismo tipo de concreto sea siempre el mismo. Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa antes de iniciar la vibración de la misma.

Se coloca la última capa de tal forma que se evite rebasar el molde en más de 5 mm, se enrasa la superficie, ya sea durante la vibración, cuando ésta se aplique externamente o después cuando se aplique interiormente.

4.6.4. Vibración interna.

En el caso de vigas o prismas, el diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser, como máximo, la tercera parte del ancho del molde. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al del vibrador debe ser de 4 o mayor. Al compactar el espécimen, el vibrador no debe descansar o tocar el fondo o los lados del molde, o golpear los elementos ahogados en el concreto, tales como los deformímetros. Se extrae cuidadosamente el vibrador, en tal forma que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar cada capa se golpean ligeramente con el mazo de hule los lados del molde, para asegurar la eliminación de burbujas de aire atrapado.

4.6.4.1. Cilindros.

Para cada capa, se introduce tres veces el vibrador en diferentes puntos, permitiendo que penetre la capa en proceso y aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior.

4.6.4.2. Vigas, prismas y cilindros horizontales para flujo plástico.

Se introduce el vibrador en separaciones que no excedan de 150 mm, a lo largo del eje longitudinal del espécimen, en ambos lados, pero sin hacer contacto con el deformímetro, en el caso de cilindros para flujo plástico. Para especímenes de ancho mayor de 150 mm, se introduce el vibrador en forma alternada a lo largo de



dos líneas, permitiendo que penetre aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior.

4.6.5. Vibración externa.

Al emplear vibración externa se debe cuidar que el molde esté sujeto firmemente contra el elemento vibrador o a la superficie vibratora. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de las vibraciones al concreto y no perder su forma durante el vibrado.

Diámetro de la varilla y número de penetraciones empleados para moldear los especímenes de prueba.

CILINDROS DIÁMETRO DEL CILINDRO cm.	DIÁMETRO DE VARILLA mm	NÚMERO DE PENETRACIONES VERTICALES POR CAPA.
Entre 5 y menos de 15	10	25
15	16	25
20	16	50
25	16	75
VIGAS Y PRISMAS ÁREA, SUPERFICIAL SUPERIOR DEL ESPÉCIMEN EN cm ²	DIÁMETRO DE VARILLA mm	No. DE PENETRACIONES POR CAPA.
160 ó menos	10	25
Entre 165 y 310	10	uno por cada 7 cm ²
320 o más	16	uno por cada 10 cm ²
CILINDROS HORIZONTALES (PARA FLUJO PLÁSTICO)		
DIÁMETRO DEL CILINDRO (cm)	DIÁMETRO DE LA VARILLA (mm)	No. PENETRACIÓN POR CAPA.
15	16	50 en total 25 de cada lado del eje.

4.6.6. Acabado:

Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, a menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración se enrasa la superficie del concreto. Si no se especifica el tipo de acabado, se termina la superficie con un enrasador rígido de metal. Se efectúa el acabado con el mínimo de pasadas necesarias para producir una superficie plana y uniforme, que este a nivel con las orillas del molde y que no tenga depresiones o promontorios mayores de 3 mm.

4.6.7. Cilindros.

Después de la compactación, se termina la superficie enrasándola con un enrasador de metal. Si se desea, se puede cabecear la superficie del cilindro recién elaborado con una capa delgada de pasta de cemento, que se endurezca y se cure con el espécimen de acuerdo con la norma NMX-C-109-ONNCCE.



4.6.8. Cilindros moldeados horizontalmente para flujo plástico.

Después de compactado se termina el espécimen con un enrasador curvo, con el mismo radio del espécimen, para terminar con precisión la superficie del concreto en la abertura del molde.

4.7. CURADO:

4.7.1. Protección después del acabado.

Para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar, se deben cubrir inmediatamente después de terminados, de preferencia con una placa no absorbente y no reactiva, o con una tela de plástico durable impermeable.

4.7.2. Descimbrado:

Los especímenes deben ser descimbrados no antes de 20 ni después de 48 horas de su elaboración.

4.7.3. Ambiente de curado:

Todos los especímenes deben ser curados en humedad a temperatura de 296 ± 3 K ($23 \pm 3^\circ\text{C}$), durante las primeras 24 horas, después de ese tiempo deben mantenerse a una temperatura de $296\text{K} \pm 2 \text{ }^\circ\text{k}$ ($23 \pm 2^\circ\text{C}$). Con una humedad relativa de 95% mínima, hasta el momento de la prueba.

El almacenaje durante las primeras 48 horas debe ser, en un sitio libre de vibraciones. Con relación a los especímenes extraídos de los moldes, el curado húmedo significa que los especímenes de prueba deben mantenerse con agua libre en su superficie en todo tiempo. Esta condición se logra por inmersión en agua saturada con cal, o por almacenamiento en un cuarto húmedo o gabinete que cumpla con los requisitos de la NMX-C-148-ONNCCE. Los especímenes no deben ser expuestos a goteo directo o a agua corriente.

4.7.4. Especímenes para pruebas de resistencia a la flexión.

Los especímenes para pruebas de flexión deben ser curados en la forma arriba descrita excepción de que durante el almacenaje, por un periodo mínimo de 20 horas inmediatamente antes de la prueba, sean sumergidos en una solución de agua saturada con cal a 296 ± 2 K ($23 \pm 2^\circ\text{C}$). Al final del periodo de curado, entre el momento en que se suspende dicho curado y el inicio de la prueba, debe evitarse que la superficie del espécimen se seque, pues zonas secas aún pequeñas producen esfuerzos de tensión en las fibras extremas que reducen dicha resistencia.



5. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO
(NMX-C-160-ONNCCE-2004) [Ref. 17]



5.1. OBJETIVO:

El objetivo de este procedimiento es establecer los métodos para elaborar y curar en obra, especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto.

5.2. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS:

5.2.1. Moldes:

Los moldes y los accesorios para elaborar los especímenes de concreto deben ser de acero, fierro fundido, u otro material no absorbente y no reactivo con el concreto de cemento Pórtland u otros cementantes hidráulicos, deben conservar su forma y dimensiones bajo condiciones severas de uso, y ser impermeables, lo cual puede juzgarse por su habilidad para retener totalmente el agua que se vierta en ellos. En caso contrario debe usarse un material sellador adecuado, tal como una grasa pesada, arcilla moldeable o parafina macrocristalina para prevenir filtraciones a través de las juntas. Debe contarse con dispositivos para sujetar firmemente las placas de base a los moldes, estos deben revestirse interiormente, antes de usarse, con un aceite mineral o un material adecuado no reactivo con los ingredientes del concreto.

5.2.2. Moldes cilíndricos.

El plano definido por el borde del cilindro debe ser perpendicular a su eje. Las dimensiones del molde no deben variar de los valores especificados, en más de 1% en su diámetro, ni en 1% del valor nominal en su altura, ningún diámetro nominal debe diferir de cualquier otro en más del 2%. Deben estar provistos de una base metálica maquinada, en el caso de moldes metálicos, o en el caso de otros materiales, la base debe ser del mismo material que el de las paredes del molde o metálicas, con planos lisos y con elementos para sujetarla firmemente al molde, con su plano perpendicular al eje del molde, además debe de cumplir con lo especificado en la NMX-C-281.

5.2.3. Moldes para vigas:

Los moldes para las vigas deben ser horizontales de forma rectangular y de las dimensiones requeridas para producir los especímenes estipulados por el método de prueba correspondiente. Los lados, la parte inferior y los extremos deben formar ángulos rectos entre sí deben ser planos y libres de alabeos. La variación máxima de la sección transversal nominal no debe exceder de 3 mm para moldes 150 mm ó más de peralte o ancho. Los moldes no deben tener una longitud menor en 1.5 mm de la longitud requerida. Deben satisfacer los requisitos de permeabilidad siguientes: Los moldes, para considerarse estancos, deben llenarse con agua en un 90% a 95% de su altura. Después de una hora debe examinarse el



molde para determinar si hay fugas visibles. La pérdida del agua estancada, expresada en por ciento de volumen inicial, no debe ser mayor de 2%.

5.2.4. Varilla para la compactación:

La varilla debe ser lisa, de sección circular, de acero, recta, de $16 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ mm}$ de diámetro y de $600 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$ de longitud, cuando menos con uno de los extremos semiesféricos, del mismo diámetro.

5.2.5. Vibradores:

Los vibradores de inmersión, pueden ser de flecha flexible o rígida, de preferencia accionados por un motor eléctrico. La frecuencia de vibración dentro del concreto, debe ser de 7000 o más vibraciones por minuto. El diámetro externo o la dimensión lateral del cabezal, no deben ser menores de 20 mm ni mayores de 40 mm. Los vibradores externos pueden ser de dos tipos; de masa o de plancha. Su frecuencia de vibración no debe ser menor de 3,600 vibraciones por minuto. Debe contarse con dispositivos adecuados para fijar firmemente los moldes al aparato vibrador y se debe emplear un tacómetro para verificar la frecuencia de vibración.

5.2.6. Herramienta auxiliar:

Se debe contar con herramientas auxiliares, tales como: palas, recipientes, llanas, enrazadores, cucharones, reglas, guantes de hule, mazo con cabeza de hule y charolas de lámina.

5.2.7. Equipo para revenimiento:

El equipo para revenimiento debe cumplir con los requisitos de la NMX-C-156-ONNCCE.

5.2.8. Recipiente para mezclado de muestras:

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

5.2.9. Equipo para determinar el contenido de aire:

El equipo para medir el contenido de aire cuando así se requiera debe cumplir con lo especificado en la norma mexicana NMX-C-157-ONNCCE o por la NMX-C-162-ONNCCE.



5.3. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

5.3.1. Prueba de resistencia a la compresión.

Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión deben ser cilíndricos de concreto, colados en posición vertical, con longitud igual a dos veces el diámetro. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado es mayor de 50 mm, el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado; cuando esto último no sea posible, es necesario cribar el concreto y eliminar el material, mayor a 50 mm. A menos que se requiera por las especificaciones de proyecto, no deben hacerse en campo, cilindros menores de 150 x 300 mm.

5.3.2. Pruebas de resistencia a la flexión.

Los especímenes para determinar la resistencia a la flexión deben ser vigas rectangulares de concreto, coladas en el eje longitudinal en posición horizontal. La longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces el peralte en la posición de ensaye. No exceder de 1.5 la relación del ancho peralte. La viga estándar debe ser de 150 x 150 mm de sección transversal y debe usarse para concreto con tamaño máximo del agregado hasta 50 mm.

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

A menos que se requiera, por las especificaciones del proyecto, no deben hacerse vigas en el campo con un ancho o peralte menor de 150 mm. Los especímenes deben moldearse inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra en un lapso de tiempo no mayor a 15 min.

5.4. CONDICIONES AMBIENTALES.

5.4.1. Lugar para el moldeo.

Los especímenes deben ser elaborados, sobre una superficie horizontal rígida, nivelada, libre de vibraciones y otras perturbaciones, en el lugar donde se almacenen cubiertos durante las primeras 24 h y deben evitarse golpes, inclinaciones del espécimen o alteraciones de su superficie.

5.4.2. Curado inicial.

Durante las primeras 24 h después del moldeo, todos los especímenes de prueba deben almacenarse bajo condiciones que mantengan la temperatura adyacente a los especímenes en el intervalo 289k a 300k (16 °C a 27 °C) y prevenir pérdidas de humedad de los especímenes. La temperatura de almacenamiento puede regularse por medio de ventilación, o por evaporación del



agua de la arena o sacos de yute, ó usando dispositivos de calentamiento tales como estufas, focos o cables de calefacción controlados por medio de un termostato.

Un registro de la temperatura de los especímenes puede establecerse por medio de termómetros de máximas y mínimas. Los especímenes pueden almacenarse en cajas cerradas, en pozos con arena húmeda, en construcciones temporales o en lugares de edificación, bajo sacos de yute húmedos en climas favorables, o en sacos de plástico cerrados, o usar otros métodos adecuados siempre y cuando cumplan los requerimientos anteriores que limiten la temperatura del espécimen y la pérdida de la humedad.

5.5. ELABORACIÓN DE ESPECIMENES.

5.5.1. Moldeo.

El concreto debe vaciarse con un cucharón en los moldes. Cada porción de concreto contenida en la charola de mezclado debe ser representativa de la revoltura; es necesario remezclar el concreto en la charola con una pala a cuchara de albañil para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes; debe moverse el cucharón alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargándose con el fin de asegurar una distribución homogénea del mismo y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente debe distribuirse en el concreto usando la varilla de compactación antes de iniciar la misma. Durante el colado de la capa final el operario debe añadir una cantidad de concreto tal que sobrepase el cupo del molde y lo llene totalmente después de la compactación.

5.5.2. COMPACTACIÓN.

5.5.2.1. Método de compactación.

La elaboración de especímenes adecuados requiere de métodos de compactación apropiados. Los métodos de compactación son: varillado y vibrado interno o externo. La selección del método de compactación debe basarse en el revenimiento, a menos

que el método se establezca en las especificaciones bajo las cuales se cumple el contrato. Debe varillarse el concreto que tenga un revenimiento mayor de 80 mm. Los revenimientos de 30 a 80 mm pueden varillarse o vibrar. Deben vibrarse los concretos con revenimientos menores de 30 mm.



TABLA 1 . NUMERO DE CAPAS REQUERIDAS PARA LOS ESPECIMENES.

TIPO Y ALTURA DEL ESPÉCIMEN (mm)	FORMA DE COMPACTACIÓN	NÚMEROS DE CAPAS	DE	ESPESOR APROXIMADO DE LA CAPA (mm)
CILINDROS				
300	varillado	3 iguales	se	100
Mas de 300	varillado	Los que requieren		100 o fracción
Mas de 300 a 450	vibrado	2 iguales		La mitad de la profundidad del espécimen
Más de 450	vibrado	3 o más		150 o lo más cercano posible
VIGAS				
De 150 a 200	varillado	2 iguales		La mitad de la profundidad del espécimen
Mas de 200	varillado	3 o más		100 o fracción
De 150 a 200	vibrado	1		Profundidad de espécimen
Mas de 200	vibrado	2 o más		200 lo más cercano posible

5.5.2.2. Varillado.

Se coloca el concreto dentro del molde, en el número de capas que se especifiquen de aproximadamente igual volumen cada una, sé varilla cada capa con extremo redondeado, efectuando el número de penetraciones especificado en la tabla 2. En el caso de vigas, el número de varillados por capa requerida es uno por cada 1000 mm² de superficie del espécimen. Sé varilla la capa inferior en todo su espesor, se distribuyen las penetraciones uniformemente en toda la sección transversal del molde, permitiendo que la varilla penetre aproximadamente 10 mm en la capa inmediata inferior, cuando el espesor de esa capa sea menor de 100 mm y aproximadamente de 20 mm, cuando el espesor de la capa sea 100 mm o más. Si la varilla produce oquedades, se golpean ligeramente las paredes del molde para eliminarlas. En el caso de las vigas después de que cada capa se ha varillado debe introducirse y sacarse rápidamente una cuchara de albañil u otra herramienta adecuada en la zona de contacto del concreto y el molde en su perímetro.



TABLA 2. NÚMERO DE PENETRACIONES DE LA VARILLA PARA EL MOLDEADO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.

DIÁMETRO DE CILINDRO (mm)	NUMERO DE PENETRACIONES PARA CAPA
150	25
200	50
250	75

5.5.2.3. Vibrado.

Se mantiene una duración específica de vibrado para cada clase de concreto, de vibrador y de molde de espécimen empleado. La duración requerida para la vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Se efectúa la vibración sólo el tiempo necesario para lograr una compactación apropiada del concreto, generalmente la vibración es suficiente cuando el agregado grueso comienza a desaparecer de la superficie y ésta empieza a tener un aspecto relativamente liso. El exceso de vibración puede producir segregación. Al llenar los moldes se vibran empleando el número de capas especificadas en la tabla 1, con volúmenes aproximadamente iguales. Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa de tal forma que se evite rebosar el molde en más de 5 mm, se enrasa la superficie ya sea durante la vibración cuando esta se aplica exteriormente o después cuando se aplique interiormente. Cuando se enrase después de la vibración, se agrega solamente la cantidad de concreto necesario, con el cucharón, para rebosar el molde en 3 mm, distribuyéndolo y enrasándolo en la superficie.

5.5.2.4. Vibración interna.

El diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser, como máximo, la tercera parte del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al del vibrador debe ser de 4 o mayor. Al compactar el espécimen, el vibrador no debe tocar el fondo o los lados del molde. Se extrae cuidadosamente el vibrador en tal forma que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar cada capa, se golpean ligeramente los lados del molde para asegurar la eliminación de burbujas de aire atrapadas en el espécimen.

5.5.2.5. Cilindros.

Debe introducirse el vibrador siempre en forma vertical, tres veces en diferentes puntos de cada capa. Se deja que el vibrador penetre a través de la capa que se esta vibrando y dentro de la capa inferior aproximadamente 20 mm.



5.5.2.6. Vigas.

Debe introducirse el vibrador siempre en forma vertical en distancias que no excedan 150 mm a lo largo de la línea central de la dimensión longitudinal del espécimen. Para especímenes cuyo ancho sea mayor que 150 mm se hacen inserciones en forma alternada a lo largo de dos líneas de referencia. Para ambos casos, se deja que la flecha del vibrador penetre 20 mm aproximadamente en la capa interior.

5.5.2.7. Vibración externa.

Cuando se use un vibrador externo, debe tenerse cuidado para asegurar que el molde este firmemente fijado o asegurado contra el elemento vibratorio. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de vibración al concreto y no perder su forma durante el vibrado.

5.5.2.8. Acabado.

Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, al menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración, se enrasa la superficie del concreto y se termina de acuerdo con el método empleado. Si no se especifica el tipo de acabado, se termina la superficie con un enrasador de metal, se efectúa el acabado con el mínimo de pasadas necesarias para producir una superficie plana y uniforme, que este a nivel con las orillas del molde y que no tenga depresiones o promontorios de mas de 3 mm. En cilindros después del compactado se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de

metal, si se desea puede cabecearse la superficie del cilindro recién elaborado con una capa de pasta de cemento, de consistencia rígida, que se endurezca y se cure con el espécimen.

5.5.2.9. Curado y protección inicial después del acabado.

Para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar deben cubrirse inmediatamente después de terminados, de preferencia con una placa no absorbente y no reactiva o con una tela de plástico resistente, durable e impermeable. Puede emplearse yute húmedo, pero debe cuidarse de mantenerlo con humedad evitando el contacto con el concreto hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes. El colocar una tela de plástico sobre el yute ayuda a mantenerlo húmedo.

5.6. CURADO DE ESPECÍMENES.

5.6.1. Curado de especímenes cilíndricos.

Los especímenes elaborados para comprobar las proporciones de mezcla para propósitos de resistencia, o como base para la aceptación, deben retirarse de los



moldes, de preferencia a las 24 horas después del moldeado permitiéndose un margen de entre 20 y 48 horas y almacenarse de inmediato en una condición húmeda a la temperatura de 296 ± 2 K ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) hasta el momento de la prueba.

El tratamiento de curado húmedo de los especímenes debe cumplir con lo especificado en la norma NMX-C-148-ONNCCE.

Curado de especímenes para determinar el tiempo de retiro de la cimbra o cuando puede ponerse en servicio una estructura.

Los especímenes elaborados para determinar cuando puede retirarse la cimbra o cuando debe ponerse en servicio una estructura, deben almacenarse en o sobre la estructura o lo más cerca que sea posible y recibir la misma protección de los elementos de la estructura que represente.

Los especímenes deben probarse en la condición húmeda que resulte del tratamiento de curado especificado. Para cumplir estas condiciones, los especímenes hechos con el propósito de determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura, deben quitarse de los moldes en el momento de retiro de la cimbra.

5.6.2. Curado de vigas.

Los especímenes de prueba fabricados para comprobar las proporciones de la mezcla para resistencia a la flexión, como base de aceptación o para control de calidad deben retirarse del molde entre 24 y 48 horas después del moldeado y deben curarse de acuerdo a las disposiciones de este procedimiento, excepto que deben almacenarse durante un periodo mínimo de 20 horas inmediatamente antes de la prueba, en agua saturada con cal A 296 ± 2 K ($23 \pm 2^\circ\text{C}$). Debe prevenirse el secado de la superficie del espécimen al final del periodo, entre el momento de retiro del espécimen de su curado, hasta el inicio de la prueba. Zonas secas de la superficie de los especímenes para flexión inducen esfuerzos de tensión en las fibras externas que marcadamente reducen la resistencia a la flexión de los especímenes.

5.6.3. Curado de vigas para determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura.

Para determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura, deben curarse los especímenes, de la misma forma que el concreto en la obra. A las 48 horas \pm 4 h después de haberse moldeado deben transportarse los especímenes en los moldes a un lugar seguro, de preferencia cercano al laboratorio de campo y retirarse los moldes. Los especímenes que representan pavimentos o losas apoyadas sobre el suelo, deben almacenarse colocándolos en el suelo donde se moldearon con su superficie superior hacia arriba. Los lados y extremos de los especímenes deben resguardarse con tierra o arena que debe mantenerse húmeda, dejando la superficie superior expuesta al tratamiento de curado. Los especímenes que representen concreto estructural deben almacenarse lo más cerca posible a la



estructura que representen y deben recibir la misma protección de temperatura del medio ambiente y curado de esta. Al final del periodo de curado, los especímenes deben dejarse en el lugar expuestos a la intemperie en las mismas condiciones que la estructura. Todos los especímenes de vigas deben retirarse del almacenamiento en el campo y almacenarse en agua saturada de cal a una temperatura de 296 ± 2 K ($23 \pm 2^\circ\text{C}$), durante 24 ± 4 horas inmediatamente antes de la prueba para asegurar una condición uniforme de humedad. Deben tomarse las precauciones dadas anteriormente para prevenir el secado entre el momento de retiro del curado hasta el inicio de la prueba.

5.6.4. Traslado al laboratorio.

Los especímenes que van a transportarse del campo al laboratorio, para su prueba, deben empacarse en cajas resistentes de madera y otros recipientes adecuados, rodeados con arena, aserrín u otros materiales de empaque adecuados en condición húmeda y protegerse de la congelación durante su transporte. Al recibirlos en el laboratorio deben colocarse inmediatamente en las condiciones de curado a una temperatura de 296 ± 2 K ($23 \pm 2^\circ\text{C}$). Las vigas deben transportarse con el eje longitudinal en posición vertical. La base de apoyo de los especímenes debe tener el amortiguamiento necesario para evitar dañarlos.



6. CABECEO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.
(NMX-C-109-ONNCCE-2004)(ASTM C 1231, August 2000) [Ref. 18]



6.1. OBJETIVO:

El objetivo del presente procedimiento es establecer los procedimientos para cabecear con materiales adheridos o cemento puro a los especímenes cilíndricos de concreto recién elaborados, así como con mortero de azufre a los especímenes cilíndricos y corazones de concreto endurecido cuando las bases de dichos elementos no cumplan con los requisitos de planicidad y perpendicularidad indicados en las normas aplicables, y especímenes cilíndricos utilizando anillos retenedores y cojines de neopreno.

6.2. DEFINICIONES

Cabeceo. Es la preparación con cemento puro o mortero de azufre de las bases de los especímenes cilíndricos para lograr el paralelismo entre las caras para su prueba.

Sangrado. Es el agua libre del concreto fresco que fluye a la superficie.

Colar. Es la acción de vaciar, en un molde, un material, con cierto grado de fluidez para que posteriormente endurezca.

6.3. EQUIPO:

6.3.1. PLACAS CABECEADORAS.

Cuando en el cabeceo se ha empleado cemento puro, se debe usar una placa de vidrio o una placa metálica maquinada y pulida de por lo menos 13 mm de espesor, o placas de granito o diabasa pulidas, de por lo menos 75 mm de espesor.

6.3.2. PLATOS METÁLICOS.

Para el cabeceo con mortero de azufre se deben emplear platos metálicos, cuyo diámetro sea por lo menos 5.0 mm mayor que el del espécimen por cabecear y su superficie de asiento no debe apartarse de un plano en más de 0.05 mm.

La superficie de los platos debe estar libre de estrías, ranuras o depresiones mayores de 0.25 mm de profundidad en una área geométrica regular de 32 mm².

El espesor de la placa debe ser de acuerdo a lo siguiente: en platos nuevos 13 mm o más, en platos usados 11 mm.

6.3.3. DISPOSITIVOS PARA CABECEO VERTICAL.

También se puede emplear un plato formado de 2 piezas metálicas que faciliten el refinado de la superficie de cabeceo, lo cual puede ser necesario. En tal dispositivo la sección inferior es una placa sólida y la sección superior es un anillo circular maquinado, que forma el borde del plato, estas piezas se fijan con tornillos.



6.3.4. DISPOSITIVOS DE ALINEAMIENTO.

Deben emplearse dispositivos de alineación, tales como barras guía o niveles de "ojo de buey"; en unión con las placas de cabeceo, para asegurar que ninguna capa se aparte de la perpendicularidad al eje del espécimen cilíndrico en más de 0.5° (aproximadamente 3 mm en 300 mm). El mismo requisito es aplicable a la relación entre el eje del dispositivo de alineación y la superficie de la placa de cabeceo cuando se emplean las barras guía.

6.3.5. RECIPIENTE PARA FUNDIR EL AZUFRE.

Existen dos tipos de recipientes para el fundido de azufre:

- Recipientes equipados con dispositivos que controlen automáticamente la temperatura.
- Recipientes sometidos a calor externo (jarras de acero).

En ambos casos los recipientes deben ser fabricados o formados de algún material que no sea reactivo con el mortero de azufre fundido. Para realizar la operación de fundido se debe contar con una campana de extracción de gases.

NOTA: Calentar el azufre mediante flama directa es peligroso debido a que el punto de ignición del azufre es de 227°C y el mortero puede encenderse por sobrecalentamiento.

6.3.6. ANILLOS RETENEDORES.

Los anillos retenedores deben ser de material que soporte el uso repetido (acero u otro material), la profundidad del anillo debe ser no menos de 2 veces el espesor del cojín de neopreno. El diámetro interior del anillo retenedor no debe ser menor de 102%, ni mayor de 107% que el diámetro del cilindro por probar. La superficie de contacto del anillo retenedor con las placas de carga en la maquina de prueba debe ser una superficie plana que sea tal que no varíe más de 0.05 mm. La superficie interior del anillo retenedor no debe tener formaciones, acanalamientos o muescas mayores a 0.25 mm de espesor u oquedades mayores a 32 mm^2 .

6.3.7. COJINES DE NEOPRENO.

Los cojines deben tener un espesor de $\frac{1}{2} \pm 1/16$ in (13 ± 2 mm) y el diámetro no debe ser menor en $1/16$ in (2mm) que el diámetro interior del anillo retenedor, deben estar hechos de polychloropreno (neopreno) que cumpla con los requisitos de la clasificación D2000 siguiente:



GRADO DE DUREZA A	CLASIFICACION D2000 TIPO DE PRODUCTO.
50	M2BC5 I 4
60	M2BC6 I 4
70	M2BC7 I 4

Requisitos para el uso de cojines de neopreno.

Resistencia a compresión de los cilindros por probar Kg/cm ²	Grado Shore A	Pruebas de resistencia en lotes de placas de neopreno.	Máximos usos de un cojín
100 a 400	50	No se requiere.	100
170 a 500	60	No se requiere.	100
280 a 500	70	No se requiere.	100
500 a 800	70	Se requiere prueba.	50
Mayor a 800	--	No se permite su uso.	--

6.4. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

6.4.1. Especímenes recién moldeados.

La superficie superior de los especímenes recién moldeados, puede ser cubierta con una capa delgada de una pasta dura de cemento Pórtland, el cual debe cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-414-ONNCCE.

6.4.2. Especímenes endurecidos curados en ambiente húmedo.

Los especímenes endurecidos que han sido curados con humedad, deben ser cabeceados con mortero de azufre que reúna los requisitos siguientes:

Mortero de azufre. La resistencia del mortero de azufre y el espesor de la capa de cabeceo debe cumplir con lo indicado en la siguiente tabla:

TABLA 1. 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 (kgf/cm ²)	Espesor máximo de cada capa de cabeceo en cualquier punto, en 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 que la resistencia del concreto.	5

[Ref. 18]



Los morteros de azufre comerciales o preparados en el laboratorio deben alcanzar su resistencia en 2 h como máximo para resistencias hasta de 35 MPa (350 kgf/cm²), para resistencias mayores del concreto, la capa de cabeceo se debe mantener 16 h mínimo antes del ensaye, a menos que se haya establecido un periodo satisfactorio más corto en el que se alcance la resistencia especificada.

6.4.3. Especímenes endurecidos secos.

Los especímenes endurecidos que sean probados en al condición de secos al aire o que deban ser mojados de 20 h a 28 h antes de la prueba, se cabecean con mortero de azufre que esté de acuerdo con los requisitos arriba descritos.

6.4.4. Determinación de la resistencia a la compresión. (del mortero de azufre).

Se preparan los especímenes de prueba empleando un molde con 3 compartimentos cúbicos de 5 cm. Por lado, con una placa como base y una cubierta formada por una placa metálica de acuerdo con el diseño mostrado en la figura siguiente.

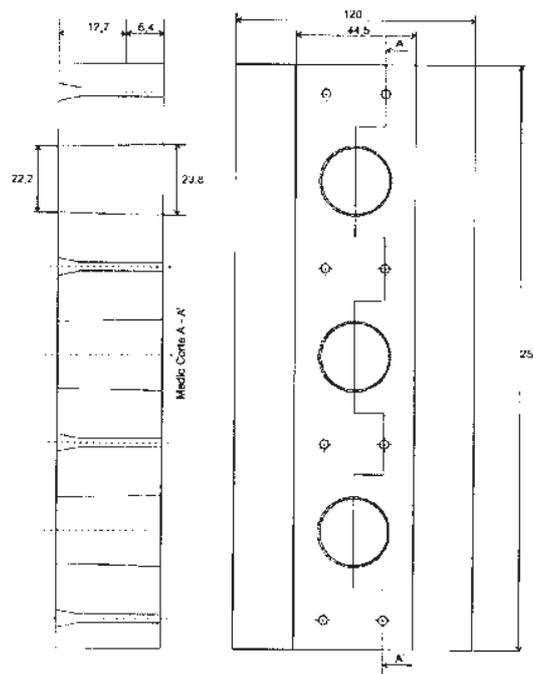


FIGURA 1.- Cubierta para preparación de especímenes de prueba

Se calienta el molde a una temperatura de 293 k a303 k (20 °C a 30 °C). Se cubre la superficie de los moldes que están en contacto con el mortero de azufre, con una capa delgada de aceite mineral y se lleva cerca del recipiente. Con el mortero de azufre fundido a una temperatura entre a una temperatura entere 403 K y 423 K (130 °C y 150 °C), Se agita continuamente y se procede a colar los



cubos empleando una cuchara u otro utensilio apropiado para el colado, rápidamente se llena cada uno de los tres compartimentos hasta que el material fundido llegue a la parte alta del agujero de la placa. Se deja el tiempo suficiente para que se presente el máximo de contracción debida al enfriado y solidificación (que ocurre aproximadamente en 15 min.) y se llena cada agujero con el material fundido. Después de que se ha completado la solidificación se retiran los cubos del molde sin romper la colada forma por el llenado del agujero en la placa de la cubierta.

Se limpia el aceite, se raspan y retiran los sobrantes de las artistas y se verifican los planos de las superficies de contacto. Después de almacenarlos a la temperatura del laboratorio durante 2h mínimo para resistencias de 35 Mpa (350 Kgf/cm²) O de 16 h para resistencias mayores, se prueban los cubos a la compresión, aplicando la carga en dos de las caras laterales y se calcula su resistencia en Mpa (Kgf/cm²). Reportando estos resultados en el formato correspondiente. Para disminuir la velocidad de enfriamiento del espécimen se puede colocar entre la placa de la cubierta y el molde, una placa plana de fenol formaldehído (baquelita), de 3mm de espesor, provista de tres agujeros para el llenado coincidente con la placa metálica. El relleno ayuda a evitar la formación de huecos o tubos de contracción en el cuerpo del cubo. Sin embargo, tales defectos pueden ocurrir no obstante los cuidados que se lleven a cabo y por consiguiente es aconsejable inspeccionar el interior de los cubos de mortero de azufre después de la prueba, en lo que se refiere a homogeneidad, siempre que los valores de las resistencias obtenidas sean significativamente más bajos de lo esperado.

6.5. PROCEDIMIENTO.

Las superficies cabeceadas de los especímenes para compresión deben ser planas, dentro de una tolerancia de 0.05 mm a través de cualquier diámetro. Durante los procedimientos de cabeceo, los planos de las bases cabeceadas de cada 10 especímenes deben ser verificados por medio de una regla rígida de bordes rectos y calibradores de laminillas para espesores, tomando un mínimo de tres lecturas de diferentes especímenes para asegurar que las superficies de las capas no se aparten de un plano en mas de 0.05 mm.

6.5.1. Especímenes cilíndricos recién moldeados.

Para cabecear especímenes cilíndricos recién moldeados se emplea pasta de cemento Pórtland puro. Se hacen las capas tan delgadas como sea posible aplicando la pasta sobre el extremo expuesto después de 2 horas a 4 horas, de moldeado, dicha pasta de cemento es de consistencia normal, aproximadamente entre 0.25 y 0.35 de relación a/c. Es conveniente aproximadamente 30 minutos después de su aplicación enrasarla con una placa cabeceadora. En este procedimiento es necesario retirar el agua de sangrado antes de aplicar la pasta de cemento. Otra alternativa para realizar el cabeceo consiste en espolvorear



cemento puro sobre la superficie expuesta aún fresca y después de 1 hora a 2 horas proceder a enrasar. Realizando el cabeceo se debe cubrir con un paño húmedo y sobre este una hoja de polietileno para evitar el secado.

6.5.1.1. Cabeceo con cemento.

Las capas de cemento puro Tipo CPC 40, requieren generalmente un mínimo de 7 días para desarrollar una resistencia aceptable.

El procedimiento descrito debe ser utilizado para especímenes que vayan a ser curados por vía húmeda y en forma continua hasta el momento de la prueba, ya que los especímenes del concreto seco absorben agua de la mezcla de la pasta de cemento puro y pueden producir capas de adherencia no satisfactorias. Las capas de pasta de cemento puro, se contraen y se agrietan por secado, por lo que deben emplearse únicamente para especímenes que sean curadas en forma continua, en ambiente húmedo hasta el momento de la prueba.

6.5.2. Especímenes de concreto endurecidos.

6.5.2.1. Bases.

Las bases de los especímenes cilíndricos de concreto endurecidos que no se encuentran dentro de las tolerancias de ± 0.05 mm con respecto a su plano deben ser cabeceadas, cortadas o pulidas para estar adentro de esa tolerancia. Estos datos se asentarán en el formato RM-250. Cada una de las capas de cabeceo debe tener el espesor que cumpla con lo indicado en la tabla 1. Se debe eliminar cualquier depósito de cera, material aceitoso o exceso de agua o de polvo que se encuentren en cualquiera de las bases del espécimen o cualquiera que interfiera con la adherencia de la capa de cabeceo.

6.5.2.2. Cabeceo con mortero de azufre.

Se prepara el mortero de azufre para su empleo calentándolo a $413 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($140 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$). Se recomienda colocar en el recipiente para fundido la cantidad necesaria de mortero de azufre para los especímenes por cabecear en esa etapa; y antes de volverse a usar se elimina el material sobrante verificando que el material rehusado no tenga más de 10 usos, siempre y cuando se garantice que se cumple con lo indicado en la tabla 1. Para el cabeceo de especímenes de concreto de resistencia mayor que 35 MPa (350 Kg./cm^2), antes del cabeceo de los especímenes, se debe comprobar que el mortero tiene una resistencia de por lo menos la resistencia del concreto.

El mortero de azufre debe estar seco en el momento que se coloque en el recipiente para el fundido ya que la humedad puede producir espuma. Por la misma



razón el mortero de azufre fundido debe mantenerse alejado de cualquier humedad. El plato y los dispositivos para el cabeceo, deben de ser calentados ligeramente antes de ser empleados para disminuir la velocidad de endurecimiento y permitir la formación de las capas delgadas. Inmediatamente antes de vaciar cada capa, se aceita ligeramente el plato de cabeceo y se agita el mortero de azufre fundido. Las bases de los especímenes curados en forma húmeda deben de estar superficialmente secas en el momento del cabeceo, para evitar que dentro de las capas se formen burbujas de vapor o bolsas de espuma de diámetro mayor de 6 mm. Para asegurar que la capa se ha adherido a la superficie del espécimen, la base de este no debe ser aceitada antes de la aplicación de la capa.

6.5.2.3. Consideraciones para especímenes curados por vía húmeda.

Los especímenes curados por vía húmeda deben de ser mantenidos durante el tiempo transcurrido entre el terminado del cabeceo y el momento de la prueba, regresándolos al almacenamiento húmedo o protegiéndolos con una manta o material similar húmedos para evitar la evaporación. Los especímenes cabeceados no se ensayan hasta que el mortero de azufre haya desarrollado la resistencia requerida.

6.5.2.4. Reutilización de azufre.

Se puede usar el mismo azufre para el cabeceo de especímenes cilíndricos un máximo de 10 veces para disminuir el máximo la pérdida de la resistencia y de la fluidez ocasionada por la contaminación del mortero con aceite o con desperdicios de distintas clases y pérdida de azufre a través de la volatilización.

El número de usos debe ser demostrado en base a la resistencia obtenida del ensaye de los cubos de mortero de azufre y que se cumple con lo indicado en la tabla 1.

6.5.2.5. Cabeceo de especímenes cilíndricos utilizando anillos retenedores y cojines de neopreno.

Los anillos retenedores y los cojines de neopreno se pueden usar en uno o en ambos extremos de los cilindros, es necesario revisar los cojines de neopreno antes de colocarlos sobre los cilindros, se deberá centrar el anillo retenedor y el cojín sobre la placa inferior de la maquina de prueba y posteriormente colocar el cilindro cuidando que sea en forma axial con la maquina de prueba y posteriormente colocar el cilindro cuidando que sea en forma axial con la maquina, para posteriormente centrar, alinear y colocar sobre este el siguiente cojín y anillo retenedor. Antes de haber aplicado el 10 % de la carga esperada para el espécimen probado, debe de verificarse que el cilindro permanezca en posición vertical con una tolerancia de 1/8 in en 12 in (3.2 mm en 300 mm) y que las partes inferior y superior del cilindro se encuentren centradas en los anillos retenedores. Si el alineamiento del cilindro no es el correcto se deberá de



interrumpir el proceso de carga y alinear y centrar correctamente, para posteriormente reanudar la aplicación de la carga y terminar la prueba.

NOTA: Los cilindros ensayados con este método pueden fallar de forma mas violenta que los cilindros cabeceados por los métodos arriba descritos, por lo que por seguridad del operador y sus compañeros de trabajo es recomendable que la maquina de prueba este equipada con una rejilla protectora. Como la liberación de energía es absorbida por los cojines, los cilindros rara vez presentan la típica falla cónica, ni las formas y tipos de fracturas descritos en el procedimiento por lo que son fallas no descriptivas. Ocasionalmente los cilindros probados con este método pueden presentar grietas tempranas, pero seguir soportando el incremento de carga, por esta razón se recomienda que los cilindros sean probados hasta la falla total.



-
7. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO. (NMX-C-083-ONNCCE-2002) [Ref. 19]



7.1. OBJETIVO:

El objetivo del presente procedimiento establece los métodos de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en especímenes cilíndricos moldeados y corazones de concreto con masa volumétrica mayor a 900 Kg/m^3 .

7.2. EQUIPO:

7.2.1. MÁQUINA DE PRUEBA:

La máquina de prueba puede ser de tipo a compresión o universal, con capacidad suficiente y que pueda funcionar a velocidad de aplicación de la carga, sin producir impactos ni pérdida de carga.

Si la máquina de prueba tiene solamente una velocidad de carga que cumpla con indicado, debe estar provista de algún dispositivo complementario que pueda ser operado mecánica o manualmente para ajustar la carga a una velocidad adecuada.

El espacio para los especímenes de prueba debe ser suficientemente grande para darle cabida, en una posición cómoda, a estos y al dispositivo de calibración.

La máquina de prueba debe estar equipada con dos bloques sólidos de acero o similar, para la aplicación de la carga, con superficie endurecida con una dureza rockwell deseable de C-55. Uno de los bloques debe tener asiento esférico y apoyarse en la parte superior del espécimen, y el otro bloque rígido sobre el cual descansara el mismo.

Con excepción de los círculos concéntricos descritos más adelante, la superficie de apoyo no debe diferir de un plano en más de 0.025 mm en una longitud de 150 mm; para los bloques menores de 150 mm, la tolerancia en planicidad es de 0.025 mm. Cuando el diámetro de la superficie de carga del bloque de asiento esférico exceda al diámetro del espécimen en 13 mm o más, para facilitar el centrado adecuado, se deben grabar círculos concéntricos que no tengan más de 0.8 mm de profundidad, ni más de 1.2 mm de ancho.

El apoyo inferior puede ser una platina, si ésta es fácilmente desmontable y susceptible de maquinarse o en su defecto, un bloque adicional que puede o no estar fijo a la platina. En caso de existir el bloque adicional, éste debe cumplir con los siguientes requisitos:

Se debe maquinar cuando se requiera para conservar las condiciones específicas de superficies, las cuales deben ser paralelas entre sí; su dimensión horizontal menor debe ser por lo menos 3 % mayor que el diámetro del espécimen que se va a probar.

Cuando el bloque inferior de apoyo se use para centrar el espécimen, el centro de los círculos concéntricos, (cuando se tengan), o el centro del bloque, debe



coincidir con el centro de la cabeza esférica y se debe tener la precaución de que dicho bloque no se deslice sobre la platina.

El bloque de apoyo inferior debe tener como mínimo 22.5 mm de espesor después de cualquier rectificación de sus superficies.

El bloque superior de carga, con asiento esférico, debe cumplir con los siguientes requisitos:

Su diámetro máximo no debe exceder los valores dados en la siguiente tabla:

Diámetro para la 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

Los bloques de apoyo con asiento esférico pueden tener caras cuadradas, siempre y cuando el diámetro del mayor círculo inscrito no exceda de los diámetros señalados en la tabla anterior, sin embargo, se aceptan máquinas con placa de carga superior de dimensiones mayores siempre que garanticen el correcto acoplamiento a la base superior del espécimen por probar, mediante la verificación de la planicidad de la superficie de la placa.

El centro de la esfera debe coincidir con el centro de la superficie de la cara de apoyo con una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera. El diámetro de la esfera debe ser cuando menos 75 % del diámetro del espécimen que se va a probar.

De preferencia el área de contacto debe ser en forma de anillo, como se muestra en la figura 1, la esfera y el soporte deben ser diseñados de tal manera, que el acero en las áreas de contacto no se deforme permanentemente. La superficie curva del soporte y la porción esférica se deben de conservar limpias y lubricar con aceite mineral delgado y no con grasa lubricante. No se debe reacomodar la placa de carga una vez que se ha iniciado la aplicación de la carga.

Si el radio de la esfera es mas 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. La dimensión mínima de la cara de apoyo del bloque de carga debe ser la correspondiente al diámetro de la esfera.

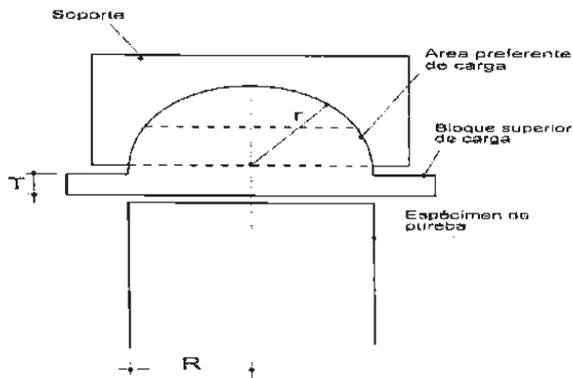


Figura 1.- Bloque de carga con asiento esférico

NOTA: T no debe ser menor que la diferencia $R-r$ deben tener los dispositivos necesarios para sostener el bloque superior en el soporte.

La porción móvil del bloque de carga debe ser sostenida cerca del asiento esférico, pero el diseño debe ser tal, que la cara de apoyo pueda girar libremente por lo menos 4° en cualquier dirección.

7.2.2. Dispositivos de lectura de carga.

Si la carga de una maquina de prueba para ensaye a compresión, se registra en una carátula, esta debe estar provista de una escala graduada que se pueda leer por lo menos con una aproximación de 2.5 % de la carga aplicada, es recomendable mantener la uniformidad de la graduación en la escala de toda la carátula. Debe estar provista de una línea de referencia en cero y una graduación que indique en forma progresiva, cuando menos en el 10 % de su capacidad. Debe contar con una aguja indicadora, la cual debe tener la longitud suficiente para coincidir con las marcas de graduación y el ancho de su extremo no debe ser mayor que el claro libre entre dos divisiones mínimas.

Cada carátula debe estar equipada con una aguja de arrastre de la misma longitud que la aguja indicadora y un mecanismo para ajustar a la referencia en cero en caso de desviación.

La separación mínima, entre dos graduaciones no debe ser menor a 1 mm para realizar una lectura adecuada. Las maquinas con sistema digital deben estar equipadas con un dispositivo que registre la carga máxima aplicada.

7.2.3. Verificación de la carga.

La verificación de la precisión de la maquina de prueba debe realizarse de acuerdo con la norma NMX-CH-027 bajo las condiciones siguientes:



El error permitido en la máquina, para realización de la prueba a compresión de concreto, debe ser como máximo de $\pm 3\%$ de la carga aplicada.

La máquina debe calibrarse inicialmente antes de ser puesta en operación y posteriormente en forma interna cada 2,000 cilindros, lo cual podrá ampliarse hasta 12,000, si no se detectan desviaciones. Estas maquinas deben calibrarse por un laboratorio acreditado por la EMA u organismo acreditador autorizado, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, cada año como máximo o cada 40,000 ensayos. Además, se debe realizar esta operación inmediatamente después de que se efectúen reparaciones o ajustes en los mecanismos de medición.

7.3. PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS:

7.3.1. Dimensiones:

El diámetro y la altura del espécimen de prueba debe determinarse 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. Para medir el diámetro, es suficiente utilizar el compás de punta. Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1.8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez de acuerdo a la siguiente Tabla, los valores intermedios que no aparecen en la tabla deben calcularse por interpolación no deberán ensayarse especímenes con relación diámetro a altura menor de 1:1.

Tabla. Factor de corrección por esbeltez.

Relación Altura-Diámetro Del espécimen.	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

7.3.2. Cabeceo:

Antes del ensaye, las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no se deben apartar de la perpendicular al eje en mas de 0.5° ; aproximadamente 3 mm en 300 mm y no se permitirán irregularidades respecto de un plano que exceda de 0.05 mm, en caso contrario deben ser cabeceados de acuerdo a lo indicado en el procedimiento "cabeceo de especímenes cilíndricos de concreto hidráulico".



7.3.3. CONDICIONES AMBIENTALES.

7.3.3.1. Especímenes húmedos.

El ensaye a la compresión de los especímenes curados en húmedo debe efectuarse tan pronto como sea posible después de retirarlos de la pileta o del cuarto húmedo y una vez que el material de cabeceo haya adquirido la resistencia requerida; durante el tiempo transcurrido entre el retiro del almacenamiento húmedo y el ensaye, se debe prevenir la pérdida excesiva de humedad en los especímenes.

7.3.3.2. Condiciones especiales de humedad.

En el caso de especímenes sometidos a condiciones de curado especiales, curado a vapor o curado ambiente, los especímenes se deben ensayar con la condición de humedad resultante del curado especificado (a vapor, medio ambiente, etc.).

7.4. PROCEDIMIENTO:

7.4.1. Colocación del espécimen:

Se limpian las superficies de las placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba, se coloca este 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 baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.

7.4.2. Velocidad de aplicación de carga:

Se debe aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 a 343 KPa/s (84 a 210 Kg./cm² / min. Ó 242 a 606 Kg./s) equivalente para un diámetro estándar de 15 cm a una rango de 2.4 a 6 K N/s (14.8 a 37.1 tonf/min). Se permite 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; pueden utilizarse máquinas operadas manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que solo se harán los ajustes necesarios en los controles de la maquina de prueba para mantener uniforme la velocidad de aplicación de carga, hasta que ocurra la falla.

Se aplica la carga hasta que aparezca la falla de ruptura, registrándola en el informe.



Es recomendable colocar en la máquina, dispositivos para cumplir con los requisitos de seguridad para los operadores durante el ensaye del espécimen.

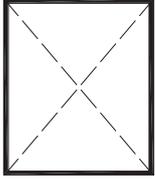
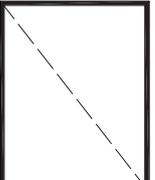
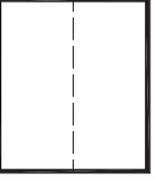
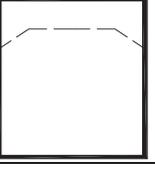
Los especímenes para aceptación o rechazo de concreto deben ensayarse a la edad de 14 días en el caso de concreto de resistencia rápida o 28 días en caso de resistencia normal, con la tolerancia que se indica en la siguiente tabla:

Tabla. Tolerancias de aceptación o rechazo de especímenes de concreto.

Edad de prueba.	Tolerancia permisible.
24 h	$\pm 0.30 h$
3 días	$\pm 2 h$
7 días	$\pm 6 h$
14 días	$\pm 12 h$
28 días	$\pm 24 h$

Para aquellos especímenes en los cuales no se tenga una edad de prueba de las prescritas en la tabla anterior, se ensayará con las tolerancias que se fijen en común acuerdo por los interesados.

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 encuentra en el límite de tolerancia especificada y existiendo ésta.
	3.- Se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y/o por deficiencia del material de cabeceo, también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.
	4.- Se observa en especímenes que presenta una cara de aplicación de carga cóncava y/o por deficiencias del material de cabeceo o también por concavidad de una de las placas de carga.



	<p>5.- Se observa cuando se producen concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de cargas por deficiencia del material de cabeceo o rugosidades en el plato de cabeceo o placa de carga.</p>
	<p>6.- Se observa en especímenes que presenta una cara de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo o del plato cabeceador.</p>
	<p>7.- Se observa cuando las caras aplicación de carga del espécimen se desvía ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen para la aplicación de carga.</p>

7.5. Cálculo y expresión de los resultados:

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal. El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 KPa (1 kgf/cm²).

7.6. Informe de la prueba:

El registro de los resultados debe incluir los datos siguientes y se asentaran en el formato RM-130-01:

- a).- Clave de identificación del espécimen. (No. de ensaye)
- 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 aproximación a 100 KPa (1 kgf/cm²)
- h).- Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.
- i).- Descripción de la falla.



8. MÉTODO DE PRUEBA NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIEN MEZCLADO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN. (ASTM-C-231).



OBJETIVO:

El objetivo de esta prueba es el de determinar el contenido de aire en el concreto normal y pesado.

Sin embargo no se puede utilizar en agregados altamente porosos como los que se encuentran en el concreto ligero. Este método de prueba determinará la cantidad de vacíos de aire en el concreto, tanto incluido como atrapado. Y es necesario en el concreto que estará expuesto a ciclos de congelación y deshielo.

EQUIPO:

Existen dos tipos de aparatos satisfactoriamente diseñados, que emplean el principio de la ley de Boyle. En nuestro caso y para nuestros alcances utilizaremos el medidor tipo B.

*Consiste en una tapa ensamblada: debe de hacerse de acero, metal duro, u otro material que no sea fácilmente atacable por la pasta de cemento. Debe tener un brida o de lo contrario, estar construida para mantener una unión hermética y firme entre el recipiente y la tapa ensamblada. Este tipo de medidor la carátula del indicador de presión debe calibrarse para indicar el porcentaje de aire. Debe contar con graduaciones para un intervalo del contenido de aire de por lo menos 8%, legibles al 0.1%. Debe estar provista con válvulas mezcladoras y llaves de paso, para que a través de estas se pueda introducir agua. Se debe incluir una bomba de aire manual que forme parte de la tapa de ensamble o que sea un accesorio de ella.

*Recipiente de medición: Debe de ser esencialmente de forma cilíndrica, fabricado en acero, metal duro, u otro material duro que no sea fácilmente atacable por la pasta de cemento, con un diámetro mínimo de 0.75 a 1.25 veces la altura, y una capacidad de por lo menos 5.7 litros. Debe de tener una brida, o de lo contrario, estar construido para mantener una unión hermética y firme entre el recipiente y la tapa ensamblada.

*Vaso de calibración

*Medidor de aire: tipo B.



*Tubo de rociado: un tubo de bronce de bronce de diámetro apropiado que puede ser parte integral de la tapa de ensamble, o que pueda proporcionar de manera separada.

*Cuchara: normal de albañil

*Varilla de apisonar

*Mazo: con cabeza de caucho o de cuero con una masa $0.57 \pm 0.23\text{kg}$. para equipos con capacidad menor de 14 litros o mazo de $1.02 \pm 0.23\text{kg}$ con equipos mayores a 14litros.

*Regla de enrase: Barra recta plana de acero u otro metal conveniente, de por lo menos 3mm de espesor, 20mm de ancho y 300mm de longitud.

*Placa de enrase: opcional.

*Embudo: con la boquilla que encaje en el tubo de rociado.

*Probetas

PROCEDIMIENTO:

Se inicia determinando el factor de corrección del agregado; que este se determina con la siguiente formula:

$$G = h_1 - h_2 \quad \delta \quad A = h_1 - h_2 \quad G = A$$

G: factor del agregado

h_1 : la lectura en la escala del contenido de aire

h_2 : volumen de agua retirado del recipiente, expresado como un porcentaje del volumen del recipiente.

Se humedece el interior del recipiente de medición y se coloca en una superficie plana, nivelada y firme, se coloca una muestra representativa de concreto; se llena en tres capas iguales cada una es penetrada con 25 varillas los cuales son uniformemente distribuidos en toda la capa, cada una de las capas es golpeada ligeramente al nivel de la capa que se este trabajando con un numero de 10 a 15 golpes esto es para cerrar cualquier hueco dejado por la varilla de apisonar y para expulsar cualquier burbuja grande de aire que pudiera haber quedado atrapada; la varilla de compactación debe penetrar en la capa anterior 25mm aprox. y en la tercera capa se llena con un pequeño excedente de concreto de aproximadamente 3mm que es lo que se consideraría optimo para la hora de su enrase que este se hace en forma de aserrado.

Se limpian los bordos y las pestañas de la olla para evitar un mal cerrado de la tapa; ensamblamos el aparato, cerramos la válvula dispuesta entre la cámara de aire y el recipiente de medición, y abrimos ambas válvulas A y B situadas en la tapa. Inyectamos agua con una jeringa de látex, a través de una de las válvulas hasta



que el agua misma surja en la válvula opuesta. Sacudimos el medidor suavemente hasta que salga todo el aire por la misma llave de purga.

Cerramos la válvula de alivio de aire de la cámara de aire y bombeamos aire en la cámara hasta que la aguja del medidor de presión este en la línea de presión inicial. Estabilizando la aguja del medidor de presión en la línea de presión inicial, bombeando o expulsando aire cuando sea necesario, golpeando ligeramente el medidor de presión con la mano. Cerramos ambas válvulas colocadas en la tapa. Abrimos la válvula de comunicación de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición. Golpeamos los lados del recipiente de medición ligeramente con el mazo para eliminar restricciones locales. Golpeamos ligeramente el medidor de presión con la mano para estabilizar la aguja del mismo. Leemos el porcentaje de aire en la carátula del medidor de presión y hacemos uso de la siguiente formula para el cálculo final:

$$A_s = A_1 - G$$

A_s : contenido de aire de la muestra ensayada, en %

A_1 : Contenido aparente de aire de la muestra ensayada, en %

G: Factor de corrección del agregado, en %.



9. METODO DE PRUEBA NORMALIZADO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIEN MEZCLADO POR EL METODO VOLUMETRICO. (ASTM-C-173). [Ref.20]



OBJETIVO:

Este método de prueba puede ser utilizado para determinar el contenido de aire de cualquier tipo de concreto incluyendo ligeros, normales y pesados. Y se determinara la cantidad de vacíos de aire en el concreto, tanto incluido como atrapado.

EQUIPO:

*Medidor de aire: deben tener un espesor y rigidez suficientes para soportar el uso rudo del trabajo de campo. El material no deberá ser atacado por la pasta de cemento, ni deformarse cuando se almacene a altas temperaturas en espacios cerrados o volverse quebradizo o agrietarse a bajas temperaturas. Debe obtenerse un sello que no deje pasar el agua cuando la sección de la parte superior se fije al recipiente. El recipiente debe tener un diámetro de 1 a 1.25 veces su altura. Debe de tener un borde en la superficie superior o cerca de ella. Los recipientes no deben tener una capacidad menor de 2 L .

*Embudo: Un embudo de metal cuyo conducto tenga un tamaño tal que permita insertarlo a través

Del cuello de la sección superior, y un largo suficiente para llegar a un punto justo arriba del fondo de la sección superior.

*Varilla de compactación: varilla recta y plana, de 16 ± 2 mm de diámetro y de por lo menos 300mm de largo con ambos extremos redondeados en forma semiesférica del mismo diámetro. La varilla puede ser de acero, polietileno de alta densidad u otro plástico de igual o mayor resistencia a la abrasión.

*Barra enrazadora: de acero, recta, de al menos $3 \times 20 \times 300$ mm o una barra plana de polietileno de alta densidad, de por lo menos $6 \times 20 \times 300$ mm.

*Copa de calibrada: Una copa de metal o plástico graduada o con una capacidad de ser graduada en incrementos iguales a $1.00 \pm 0.04\%$, del volumen del recipiente del medidor de aire.

*Vasija de medición para alcohol isopropílico: Una vasija con capacidad mínima de al menos 1 pt. (500ml) con graduaciones no mayores a 4 onzas (100ml) para medir una cantidad de alcohol isopropílico.

*Jeringa de hule: con capacidad de por lo menos 50ml.

*Vasija vertedora de agua: recipiente con capacidad de 1 litro.

*Cucharón

*Alcohol isopropílico: utilizamos el alcohol isopropílico a 70% por volumen (aproximadamente 65% por peso).

*Mazo: Con cabeza de goma o cuero crudo; una masa aproximada de 600 ± 200 gr.



PROCEDIMIENTO:

Calibramos el recipiente y la copa calibrada, al poner en uso el equipo, y después, a intervalos de un año cuando haya alguna razón para pensar que puedan estar dañados o deformados tanto el recipiente como la copa calibrada.

Mojamos la parte interior del tazón y secamos hasta que tenga una apariencia húmeda, pero no brillante. Utilizando un cucharón pequeño, llene el recipiente de medición con concreto fresco en dos capas de igual profundidad. Apisonamos cada capa con 25 penetraciones de la varilla de compactación. Se debe de tratar de evitar el golpear el fondo del tazón con mucha fuerza al varillar la primera capa. Al varillar la segunda capa, penetramos 25mm aproximadamente la primera capa; después de apisonar cada capa golpeamos con el mazo de hule el molde a nivel de la capa dando de 10 a 15 golpes, para cerrar cualquier hueco.

Después de compactar y apisonar la segunda capa, quitamos el exceso de concreto con la barra enrasadota hasta que la superficie quede nivelada con la parte superior del recipiente y limpiamos el borde del recipiente.

Mojamos la parte inferior de la sección de arriba del medidor. Fijamos la sección de arriba del equipo e insertamos el embudo seguido de una pinta de agua y una de alcohol isopropilo; es necesario mencionar que para nuestro caso y en nuestras pruebas no fue necesario agregar mas pintas de alcohol.

Agregamos agua hasta que ajustemos el menisco hasta la marca 0, que esto es mas útil una jeringa de hule para dicho ajuste de liquido.

Revisamos que el equipo no tenga fugas de lo contrario la prueba seria errónea y enseguida cerramos la tapa, limpiamos bien nuestro equipo.

Proseguimos a iniciar el proceso de inmersión y despegue del concreto de la base de la olla volteando por lapsos de 5 seg. Y como mínimo durante 45 seg. Hasta que el concreto se haya liberado y se pueda oír que el agregado se mueve en el medidor cuando se voltea.

Seguimos con la parte del rodado de la olla tomando con una mano como apoyo el cuello de la misma y con la otra la base que de esta parte impulsaremos el rodado y la detendremos de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ vueltas del diámetro de la olla cuidando de tener inclinado el equipo a 45° con referencia del piso, por un lapso de 1 min. Se debe de tener cuidado en estos procesos de no tener fugas en el equipo de lo contrario la prueba se invalida.

Ponemos el equipo en posición vertical y aflojamos la parte superior para permitir que se establezca cualquier presión que haya. Permite que el medidor este parado mientras que el aire se eleva a la parte superior y hasta que el nivel del liquido se establezca. El nivel de liquido se considera estable cuando no cambia mas de 0.25% de aire en un periodo de 2 minutos. Esta será la lectura inicial del medidor; volvemos a apretar la parte superior del medidor y repetimos el rodamiento solamente por el mismo lapso de 1 minuto y volvemos a liberar la tapa poniendo el equipo en posición vertical dejamos que se establezca por un lapso de 2 minutos y se toma la lectura que seria la lectura final, si la lectura final no difiere en mas



0.25% de la lectura inicial la lectura se tomara como correcta y se tomara la lectura final; siendo esta el contenido de aire en porcentaje.

Nota: si la lectura cambiara en mas de 0.25%, desecharíamos el ensaye y empezariamos un nuevo ensaye en una nueva muestra de concreto y usando mas alcohol como lo indica la tabla I .



10. DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO,
MEDIANTE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (NMX-C-177-1997-ONNCCE).
[Ref.21]



OBJETIVO:

Determinación del tiempo de fraguado inicial y final de mezclas de concreto.

DEFINICIONES:

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (LIMITE DE MANEJABILIDAD)

Es el tiempo que transcurre, a partir del momento del contacto inicial del cemento con el agua, hasta que el mortero obtenido por el cribado del concreto presenta una resistencia a la penetración de 35 Kg/cm².

TIEMPO DE FRAGUADO FINAL

Es el tiempo que transcurre, a partir del momento que el cemento entra en contacto con el agua, hasta que el mortero obtenido por el cribado del concreto presenta una resistencia a la penetración de 280,7 Kg./cm².

EQUIPO:

*Recipientes ya sea de sección circular o rectangular con una dimensión mínima de 150mm y una altura de 150mm, sin aceitar.

*Penetrometro de mesa: equipado con resorte, sistema hidráulico o mecánico con capacidad mínima de 60kg y precisión mínima de 4kg. Con agujas removibles, conteniendo las siguientes áreas de contacto:

6,45cm²

3,23cm²

1,61cm²

0,65cm²

0,32cm²

0,16cm²

*Varilla de compactación, redonda, recta de 16mm de diámetro y aproximadamente 600mm de longitud.

*Pipeta o aguja de hule

*Cronometro

*Termómetro rango (0 a 100°C)

*Criba malla No.4 o 4,75mm.

PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

De la muestra de concreto que obtenemos, se separa todo el mortero, cribandolo por la malla 4,75(No.4), en recipiente no absorbente, como los descritos anteriormente, y se llenan hasta una altura aproximada de 140mm; se varilla el concreto dando 52 golpes uniformemente distribuidos en toda la sección del molde, se golpea ligeramente el el molde dando de 10 a 15 golpes alrededor del mismo para liberar cualquier hueco que pudiera quedar atrapado, enseguida se golpea el mismo molde contra el suelo para dar el acabado de aplanado en la parte superior.



Enseguida se dejan reposar las muestras eliminando el agua de sangrado con una pipeta o aguja de hule, inclinando ligeramente el molde para su mejor remoción del agua. Se tapan las muestras para evitar la pérdida excesiva de humedad con telas húmedas durante el tiempo de la prueba, después de dejar de remover el agua de sangrado y antes de iniciar las penetraciones.

Se penetración inicial se comienza de dos a tres horas según norma, pero la experiencia en estos concretos que practicamos nos mostró que el tiempo para comenzar fue de 6 horas; debido al excesivo contenido de agua.

Comenzando según con la aguja de diámetro adecuado, de acuerdo al grado de endurecimiento de la muestra; se penetra la aguja a una profundidad de 25mm con un tiempo de 10 segundos a partir de que se comenzamos a penetrar se cuenta este tiempo de penetración que abarca desde la penetración hasta la remoción de la aguja de acero.

El número de penetraciones en cada prueba como mínimo deben ser 6 hasta llegar a la resistencia de 280kg/cm^2 , la separación entre agujas debe ser de por lo menos 2 veces el diámetro de la aguja utilizada y no menor de 13mm.



11. ADITIVOS [Ref.22]



Los aditivos son ingredientes que además del cemento Pórtland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

Clasificación de los aditivos según su función:

- 1.-Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire)
- 2.-Aditivos reductores de agua
- 3.-Plastificantes (fluidificantes)
- 4.-Aditivos aceleradores (acelerantes)
- 5.-Aditivos retardadores (retardantes)
- 6.-Aditivos de control de hidratación
- 7.-Inhibidores de corrosión
- 8.-Reductores de retracción
- 9.-Inhibidores de reacción álcali-agregados
- 10.-Aditivos colorantes
- 11.-Aditivos para la trabajabilidad (manejabilidad)
- 12.-Aditivos para mejorar la adherencia
- 13.-Aditivos a prueba de humedad
- 14.-Aditivos impermeabilizantes
- 15.-Aditivos para lechadas
- 16.-Aditivos formadores de gas
- 17.-Adt. Anti-deslave
- 18.-Adt. Espumante
- 19.-Adt. Auxiliares de bombeo [3]

Un concreto con adición de aditivo debe ser trabajable, de fácil acabado, fuerte, resistente al desgaste, durable y estanco.

A continuación nombramos algunas de las principales razones para el uso de aditivos:

1. Reducción de costos de la construcción de concreto
2. Obtención de ciertas características que son mas efectivas que si no se utilizara
3. Manutención de la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colado en condiciones adversas(climas en condiciones extremas)
4. control de ciertas emergencias durante el manejo del concreto



ADITIVOS INCLUSORES DE AIRE

Los aditivos inclusores de aire (incorporadores de aire) se usan para introducir y estabilizar burbujas microscópicas de aire en el concreto.

Ventajas

- *Mejora considerablemente la durabilidad de concretos expuestos a ciclos de congelación-deshielo.
- *Mejora la resistencia de concreto al descascaramiento de la superficie causado por el uso de productos descongelantes (anticongelantes)
- *Mejora la trabajabilidad del concreto fresco y se reducen o eliminan tanto la segregación como el sangrado (exudación).

ADITIVOS PURGADOR DE AIRE

Purgadores de aire o reductores se usan cuando no se puede reducir el contenido de aire con el ajuste de la proporción o con el cambio de la dosis del agente inclusor de aire y otros aditivos.

ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA

Se utilizan como su nombre lo dice para reducir la cantidad de agua de mezcla necesaria para la producción de un concreto con un revenimiento (asentamiento) específico.

Ventajas

- *Reduce la relación agua-cemento
- *Reduce el contenido de cemento
- *Aumentar el revenimiento
- *Normalmente un reductor de agua disminuye el contenido de agua de 5 a 10%.
- *Aumento en la resistencia porque debido a la disminución de la relación A/C.
- *En concretos con los contenidos de cemento, aire y revenimiento, siendo un concreto normal a los 28 días y conteniendo un reductor de agua, puede tener un aumento en la resistencia del 10 al 15% en comparación con un concreto sin este tipo de aditivo.



REDUCTORES DE AGUA DE MEDIO RANGO

Empleados desde 1984.

Ventajas

- *Reducción de agua de entre 6 a 12%, para concretos con revenimiento de 125 a 200mm.
- *Reduce la viscosidad y facilita el acabado
- *Mejora la bombeabilidad
- *Facilita la colocación de concretos cuando contienen agregados cementantes como humo de sílice entre otros productos.

REDUCTORES DE AGUA DE ALTO RANGO

Llamados también aditivos de alta actividad o de alto efecto. Tienen el mismo efecto de los reductores normales pero con más efectividad.

Ventajas

- *Con los mismos efectos de los anteriores reductores solamente que en estos la reducción de demanda de agua esta entre el 12 y el 30%.
- *Permite producir concretos con una resistencia ultima mayores a 715 Kg/cm².
- *Desarrolla mayor resistencia a edades tempranas
- *Menor penetración de los iones de cloruro entre otras.

Desventajas

- *La gran reducción del contenido de agua puede disminuir considerablemente el sangrado (exudación), resultando dificultades en el acabado debido a su secado rápido.
- *Alguno de estos aditivos pueden causar causar una gran pérdida de revenimiento (asentamiento).
- *Retraso del tiempo de fraguado, provocando la fisuración por contracción; si no se tiene el cuidado en el curado.

SUPERPLASTIFICANTES PARA CONCRETOS FLUIDOS

Nombrados también: superfluidificantes o superfluidizantes; son aditivos que se encuentran dentro de la familia re reductores de agua de alto rango.



Ventajas

- *Adicionados al concreto de revenimiento y relación agua-cemento de bajo a normal para producir un concreto fluido con alto revenimiento.
- *El concreto con este tipo de aditivo es un concreto con consistencia fluida
- *Trabajable
- *Su fácil colocación permite que no sea tan necesario la poca o nula vibración o compactación.
- *Colocación de concreto en secciones delgadas.
- *Áreas de poco espaciamiento de acero de refuerzo.
- *Coladazo bajo el agua
- *Para reducir la presión del concreto bombeable
- *Para la reducción de los costos de manejo
- *En concretos con revenimiento de 75mm. Lo aumenta hasta 230mm.
- *Se define a este tipo de concreto por mantener sus propiedad es cohesivas.

Desventajas

- *Algunos de estos aditivos pueden retardar el fraguado de una a casi cuatro horas aproximadamente.

ADITIVOS RETARDADORES

Son los utilizados para retrazar el fraguado del concreto. Existen otros métodos prácticos uno de ellos es enfriando el agua de mezclado del concreto y/o los agregados. Debido a este aumento en la temperatura del concreto se complica la colocación y acabado del concreto fresco (30°C). Los retardadores no disminuyen la temperatura inicial del concreto, en cambio aumentan la tasa de sangrado (exudación) y la capacidad del concreto.

Usos

- *Utilizados para extender el tiempo de fraguado del concreto
- *Disminuir la pérdida de revenimiento
- *Extender la trabajabilidad en especial en lugares con altas temperaturas
- *Compensar el efecto acelerador de la temperatura sobre el fraguado del concreto
- *Retardar el fraguado inicial del concreto o de la lechada cuando ocurren condiciones de colocación difíciles o poco usuales (pilares, o cimentaciones de gran tamaño etc.



ADITIVOS DE CONTROL DE LA HIDRATACION

Estos aditivos surgieron en la década de los 80`. Y están compuestos por dos partes:

1. Un estabilizador o retardador que básicamente detiene la hidratación de los materiales cementantes.
2. Activador, que al adicionarse al concreto estabilizado, reestablece la hidratación y el fraguado normales.

*El estabilizador suspende la hidratación por 72 horas y el activador se adiciona al concreto poco antes de que se lo use.

*Estos aditivos pueden suspender el fraguado por toda la noche, posibilitando su reutilización.

ADITIVOS ACELERADORES

Utilizados para aumentar la velocidad de fraguado y el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. Existen otros métodos para aumentar la velocidad de fraguado:

1. Usando cemento de alta resistencia inicial
2. Bajando la relación agua-cemento, con la adición de 60 a 120 Kg. /cm³ de cemento.
3. usando un reductor de agua
4. Curando al concreto a altas temperaturas

Uno de los principales componentes de este tipo de aditivos es el cloruro de calcio (CaCl₂).

Desventajas

*Provoca un aumento en la contracción por secado

*Corrosión potencial de la Decoloración ecoloracion (oscurecimiento del concreto)

*Descascaramiento del concreto

Al utilizarse el cloruro de calcio, lo más recomendable es que se añada al concreto en forma de solución, como parte del agua de mezcla. Y la cantidad añadida nunca debe exceder de un 2% de la masa del material cementante.

Precauciones al utilizarlos:

*Concretos sujetos al curado al vapor [3]

*Concretos que tengan metales distintos inmersos, principalmente si estuvieran conectados a la armadura de refuerzo [3]



- *Losas de concreto soportadas por cimbras [3]
- *Concretos coloridos [3]
- *En estacionamientos no es recomendable utilizarlos debido a la contracción [3]
- *En concreto pretensado debido a la corrosión del acero [3]
- *En concreto con aluminio inmerso. [3]
- *Agregados potencialmente reactivos. [3]
- *En concretos que estén expuestos a sulfatos ya sea en el agua o en el suelo [3]
- *En losas de pisos que van acabar en seco con llanas metálicas [3]
- *Climas calurosos [3]
- *En la colocación de concretos masivos. [3]

INHIBIDORES DE CORROSION

Se utilizan en concreto de estructuras de estacionamientos, estructuras marinas y puentes donde las sales de cloruro estén presentes. [3]

ADITIVOS REDUCTORES DE CONTRACCION (RETRACCION)

Comenzaron a ser utilizados en los 80`.

Usos

- *En tableros de puentes
- *Losas de pisos críticos y edificios donde se deban minimizar las fisuras (grietas) y deformación por razones de durabilidad y estéticas. [3]

Estudios en el laboratorio han mostrado reducciones de la contracción por secado entre 25 y 50%. [3]

Desventajas

- *Estos aditivos tienen efectos menores sobre el revenimiento y la pérdida de aire; pero pueden retardar el fraguado. [3]

ADITIVOS QUIMICOS PARA LA REDUCCION DE LA REACTIVIDAD ALCALI-AGREGADO (INHIBIDORES DE RAS)

Los aditivos químicos para el control de la reactividad álcali-agregado (expansión álcali-agregado) se introdujeron al mercado en los 90`. Hay poca experiencia en el campo sobre la eficiencia de estos aditivos. [3]



ADITIVOS A PRUEBA DE AGUA

Su empleo en mezclas bien proporcionadas puede aumentar el agua necesaria y, en realidad, resulta en un aumento de la permeabilidad.

Ventajas

*Se utilizan para reducir la transmisión de humedad a través del concreto que este en contacto con el agua o con el suelo húmedo.

Desventajas

*No son muy eficientes, sobre todo al usarse en concretos en contacto con agua bajo presión.

ADITIVOS IMPERMIABILIZANTES

Reducen la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto. Uno de los mejores métodos para disminuir la permeabilidad del concreto consiste en el aumento del tiempo de curado húmedo y la reducción de la relación agua-cemento para menos de 0.50.

AUXILIAR DE BOMBEO

Los auxiliares de bombeo se adicionan al concreto para mejorar la bombeabilidad. Se usa de manera mas eficiente para transformar concretos con poca bombeabilidad en concretos bombeables.

Ventajas

*Estos aditivos aumentan la viscosidad o la cohesión del concreto, reduciendo la separación del agua de la pasta que esta bajo la presión de la bomba.

Desventajas

- *Algunos auxiliares de bombeo pueden aumentar la demanda de agua
- *Reducir la resistencia a la compresión
- *Atrapar aire
- *Retardar el tiempo de fraguado.



ADITIVOS DE ADHERENCIA Y AGENTS DE ADHERENCIA

Normalmente son emulsiones de agua de materiales orgánicos incluyendo hule, acrílicos entre otros polímeros. Adicionados a la mezcla de cemento Pórtland para aumentar la resistencia de adherencia en el concreto viejo y el concreto nuevo. Sus proporcionamientos van del 5 al 20% de la masa del material cementante, dependiendo del aditivo y de la obra.

ADITIVOS PARA LECHADAS

Usos de la lechada de cemento Pórtland:

- *Estabilizar cimientos
- *bases de maquinas
- *Rellenar fisuras
- *Juntas de concreto
- *Cementar pozos de petróleo
- *Rellenar el núcleo de los muros de mampostería
- *Cementar tendones de pretensazo y pernos de anclaje
- *Rellenar vacíos en concretos con agregados precolados

ADITIVOS FORMADORES DE GAS

El polvo de aluminio y otros materiales formadores de gas se adicionan algunas veces al concreto y a la lechada en cantidades muy pequeñas para cuasar una pequeña expansión de la mezcla antes de su endurecimiento. Esto puede ser benéfico donde sea necesario la cimentación completa de un espacio confinado, tal como bajo las bases de maquinas o en ductos de postensados en concretos pretensados.

ADITIVOS FUNGICIDA, GERMICIDA E INSECTICIDA

El crecimiento de bacterias y hongos en el concreto endurecido se puede controlar parcialmente a través del empleo de aditivos.

Desventajas

*La eficiencia de estos materiales generalmente es temporal y , si son empleados en grandes cantidades, pueden reducir la resistencia a compresión de concreto.



ADITIVOS ANTI-DESLAVE

Los aditivos de este tipo aumentan la cohesión del concreto hasta un nivel que permita su exposición limitada al agua, resultando en poca pérdida de cemento. Esto permite el colado de concreto en agua y bajo el agua sin el uso de tubos sumergidos. Aumentan la viscosidad del agua en la mezcla y resistencia a la segregación.

REDUCTOR DE AGUA DE MEDIO RANGO

Mejora la resistencia, proporciona trabajabilidad y durabilidad al concreto.

Descripción del producto

ADMIX TECH MR15D es un aditivo reductor de agua de medio rango normal para el concreto.

Puede usarse con los acelerantes de **ADMIX TECH** cuando se requiera un mayor desarrollo de resistencia a edades iniciales.

ADMIX TECH MR15D su base principal es una mezcla concentrada del lignosulfonato refinado, Polímero y otro plastificador químico como reductor de agua. No contiene ningún cloruro.

Principales Beneficios

Generalmente, se utiliza menos de la mitad de agua usada en el concreto, que es necesaria para la hidratación de cemento. Logrando así el equilibrio, que se requiere para la colocación de concreto.

Se llama "el agua de conveniencia", y puede causar varios problemas. Éstos incluyen sangrado excesivo, segregación latente de superficie, contracción plástica y mayor permeabilidad. Usando **ADMIX TECH MR15D** "el agua de conveniencia" puede reducirse.

Compatible con otros aditivos y cenizas volantes **ADMIX TECH MR15D** es compatible con todos los productos **ADMIX TECH**, como: agentes inclusores de aire, acelerantes, y reductores de agua de medio y alto rango.

Sin embargo, para evitar posibles interacciones químicas en el concreto deben agregarse por separado a la mezcla de concreto.

Además, **ADMIX TECH MR15D** puede usarse con la ceniza volante y otras puzolanas, reduciendo el contenido de agua e incrementando la resistencia del concreto comparativamente con un concreto que usa el cemento de Pórtland normal.

Dosis recomendada

La dosificación recomendada para el **ADMIX TECH MR15D** es de 350 a 990 ml / 100 Kg. De material cementante. La dosificación requerida será influenciada por el cemento, los componentes químicos de la ceniza en caso de ser usada y las condiciones ambientales.



Dependiendo de los materiales, ADMIX TECH MR15D puede producir la reducción de agua excediendo el 12 por ciento. Las relaciones agua-cemento pueden mantenerse a niveles más bajos para incrementar tanto la resistencia a la flexión y a la compresión en el concreto a todas las edades del mismo. Se recomienda probar en campo para asegurar la actuación adecuada del ADMIX TECH MR15D.

Calidad y Especificaciones

ADMIX TECH MR15D cumple y excede los requerimientos indicados en las especificaciones de la norma ASTM C 494, tipo A y tipo D.

Transporte, Distribución y Servicio

ADMIX TECH MR15D se ofrece a granel, cubetas de 19 litros o en tambores de 208 litros. Para asegurar fiabilidad ADMIX TECH ofrece una gama de dosificadores manuales, semiautomáticos y automáticos con sistemas de interfase. Todo del equipo es instalado y reparado por personal capacitado técnicamente, y el servicio de campo se ofrece sin costo adicional.



CAPITULO IV



RESULTADOS

En el muestreo que nosotros utilizamos se tuvo que tener cuidado con el material ya que la forma de muestreo implicaba tomarlo de todo el diámetro del almacenamiento; y además de que se tenía que cuidar de no tomar contaminación del suelo debido el trascabo tenía que estar en continuo acomodo del material debido a que era muy continua la llegada del material que llegaba de los bancos de material contenía en ocasiones : materia orgánica; ramas de árboles, pedazos de árboles, lodo, o materia inorgánica: como plásticos, juguetes etc.

Se tenía que tener el cuidado en el muestreo ya que su constante llegada de los mismos a la planta y su constante movimiento y acomodo; podría implicar una variabilidad en cuanto a la toma de la muestra y esto podría afectar su humedad y granulometría del agregado tanto fino como grueso.

En el agregado grueso como no se tenía un control en cuanto la humedad de los materiales pero sobre todo en el que mencionamos el mismo trascabo llenaba su cucharón y vaciaba agua sobre el agregado grueso provocando un descontrol a la hora de la toma del agregado.

Ya por último se obtuvimos las muestras en carretillas para llevarlas al lugar donde se prepararían las muestras para su análisis.

En la preparación de la muestra utilizamos el método ``B`` descrito en la norma NMX-C-170-1997, que fue el cuarteo manual; el cual consistió en vaciar el material de la carretilla y formar un cono el cual al estarlo formado se aplico una caída mas o menos constante para evitar la segregación de los materiales que trabajamos, enseguida se procedimos a truncar el cono de agregado o aplanado aproximadamente a la mitad de su altura, para de aquí partir al cuarteo del material en el cual tratamos de tener el mayor cuidado posible tanto de dividir en partes iguales el agregado como de dejar el agregado homogenizado y libre de toda contaminación tanto del suelo como del polvo que se originaba en la planta; así como también se tenía que cuidar de las personas que pasaban pudiendo provocar la disgregación del material debido a que el lugar donde se muestreaba era un lugar en común con otras secciones de la empresa.

Obteníamos una humedad superficial del material en el momento en que se comenzaba a trabajar tener aun mejor apreciación y precisión en las pruebas y los



cálculos posteriores, aproximadamente del 5% del material que utilizábamos para las pruebas.

Esta humedad nos servía para la prueba del peso volumétrico seco suelto y seco compacto y en caso de ser necesario para pruebas rápidas en agregados debido al cambio en los diseños de las mezclas que el cliente nos solicitaba.

El peso volumétrico se obtuvo en seguida del muestreo; teniendo de antemano la humedad superficial del agregado tanto grueso como fino.

Se tomó del agregado fino ya estando cuarteado el agregado dos cuarteos opuestos y se sacó el peso volumétrico seco suelto y seco compacto y se observó que tenía cierta variabilidad en sus pesos comparándolos con los de pesos de meses anteriores debido a al cambio de frente de explotación de los mismos bancos, ya que según la temporada del año es un poco complicado en algunos de los frentes de los mismos su remoción de agregado.

En cuanto al agregado grueso este problema es casi nulo sus pesos volumétricos son más constantes y se lleva un mejor control de calidad la que no se cuenta con el agregado fino del banco de joyitas.

Para la realización de la granulometría de los agregados tanto fino como grueso previamente realizamos el secado en horno durante 24 horas. Para evitar cualquier error en los pesos de las muestras a utilizar, y para evitar el retenido en las mallas debido a la humedad.

En el agregado fino normalmente se manejaban muestras de agregado de 500 gramos y se trabajaban con el agitador eléctrico para tamices, pasándolo por las mallas correspondientes (3/8" a No. 200 y charola) arrojándonos una curva granulométrica dentro de las tolerancias especificadas por la NMX-077-1997.

En el agregado grueso fue más trabajo debido a que no se contaba con ningún equipo mecánico y se tenía que hacer a mano; este caso se utilizaban muestras de 15 kilogramos. Se observó que este agregado es aceptable pero se tienen algunas carencias en tamaños que estos a su vez generarían un mejor cuerpo en el concreto; esta carencia es más pronunciada en los tamaños más allegados a 3/8" lo que provoca una desviación en la curva y salirse de la tolerancia ya que es un poco gruesa y en el lapso en el que se ha estado utilizando este agregado de Roka se ha estado mejorando su curva granulométrica tratando de tener un mejor control de calidad y apeguándose más a la norma correspondiente (NMX-077-1997) El principal motivo de la utilización de este agregado es que es más económico para la empresa y se tiene mejor disposición del proveedor.



El agregado grueso en cuanto a su absorción presento un absorción baja como era de suponerse en un agregado grueso la cual nos permite un consumo de agua bajo y nos permite presentar esta humeada en la planta dosificadora, y tener un ajuste en planta mas apegado a la realidad de lo que va hacer la mezcla y nos permite también tratar de buscar mejores agregados para mezcla posteriores.

Las arenas son como ya mencionamos anteriormente las que nos han estado provocando un poco mas de descontrol y en esta prueba de absorción no fue caso omiso; ya que su absorción fue un poco mayor pero ademas de que se requirió un poco mas de trabajo para su secado y monitoreo ya que en análisis anteriores debido a que no se contaba con el equipo adecuado, nos arrojaban resultados un poco ilógicos, y esto provoco, en alguna temporada dosificaciones de mezclas muy pedradas y muy flojas en otras temporadas.

Las densidades en las arenas de los diferentes frentes del banco joyitas, fueron las mas adecuadas y aceptables, esto comparándolo con otras arenas de la región; ejemplos como los bancos de origen volcánico : San Lucas Pió, San Bernabé entre otros y de mina el caso de Acambaro arena blanca; que si bien es cierto que tenían en cuanto apariencia una mejor presentación, en cuanto a su densidad presentaban densidades mucho menores a un valor de $2.0 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$ entre otras características que provocaron el rechazo de estas ; características como alto contenido de arcilla, provocando esto a su vez de ser utilizadas agrietamiento en los concretos por la expansión de estas, muy sucias en cuanto su alto contenido de material orgánico. Etc.

La densidad en cuanto a la agrava siempre se mantuvo constante oscilando de un valor de 2.77 a $2.69 \text{ (Kg /m}^3\text{)}$ lo que nos permitió tener un mejor control por este lado en las mezclas.

Nuestro muestreo trato de hacerse lo mas apegado a norma, al decir lo mas apegado a norma me refiero a que en la practica profesional difícilmente se puede llevar al pie de la letra un control exacto y estricto de su muestreo y mas si se es un laboratorio externo y ajeno a la concretera que suministra el concreto. En nuestro caso se corrió con la suerte de pertenecer a un laboratorio interno de una concretera.

El muestreo se trato de tomar siempre de las partes medias de la descarga completa de los camiones revolvedores esto gracias a la ayuda de los operadores tanto para confirmar el tamaño de la descarga sobrante como para el desvío de de la mezcla para la toma de las dos mezclas simples para formar una sola compuesta. Una de las pruebas mas complicadas debido a que no se dependía tanto de nuestro trabajo sino del trabajo como ya lo mencione de los operadores de las



ollas revolventoras que gracias a la compresión de algunos se pudo realizar esta tarea.

Una de las pruebas más cruciales y aparentemente más sencillas fue la del revenimiento. Aparentemente mas sencillas pero esto implica que se tengan muchos errores si no se toma con la seriedad posible; los factores que en lo personal en ocasiones provocaban algún error en la prueba eran un movimiento en falso a la hora de estar llenando el cono provocado por mover la placa entre otros.

Normalmente los concretos supervisados por esta prueba nos demostraron dos cosas: la primera que nuestras mezclas tenían un excesivo contenido de agua, provocando esto unos revenimientos de concretos como el que se superviso un concreto $f'c=200$ normal tirado de revenimiento de diseño de 10 cm. hasta de un 18 cm. de revenimiento obtenido después de la bachada final; provocado por la mala apreciación de los operadores de las ollas.

El segundo punto que nos arrojo esta prueba fue que se observa que las mezclas tienen poca cohesión esta característica no se ha analizado a detalle pero se cree que es por la falta de tamaños en los agregados que esto a su vez nos fue arrojado en las curvas granulométricas.

Para el calculo de la masa unitaria por medio de la masa teórica y el calculo del peso volumétrico del concreto obtuvimos que la mezcla de concreto tiene un buen peso que esta dentro de las tolerancias que la NMX-155-2004 nos marca, ademas se contó con un buen rendimiento que en lo particular al cliente le gusta y ademas que le beneficia. Esta prueba es complicada de adquirir ya que es un secreto a voces por parte de las concretaras.

En el calculo del contenido de aire por el método de presión, obtuvimos un contenido de aire que para mi punto de vista esta prueba y la del contenido de aire por el método volumétrico deberían de darnos un panorama mas amplio de la aceptación o no un concreto fresco ya que son pruebas mas a conciencia, pero que debido al costo de los equipos no son muy utilizadas.

Dentro de los concretos sin aire incluido tanto por el método de presión como por el volumétrico, nuestros concretos no tuvieron problema alguno en cuanto a tolerancias y aceptación están dentro de rango.

Este tipo de concretos se observo que en la prueba de contenido de aire por el método volumétrico según la consistencia del concreto tiende a empaquetarse mas en el equipo, a ciencia cierta no se sabe pero se cree que es debido a la plasticidad de la mezcla que esta a su vez fue provocada por una mayor cohesión de los agregados de cada regio; ya que esta prueba al igual que las demás fue realizada en diferentes lugares con diferentes agregados pero practicamente la misma dosificación, se cree también que debido a que la perdida por temperatura en un camión revolventor es mucho mayor que en una revolventora de un saco.



Los tiempos de fraguado una de las pruebas que para nosotros nos permite una mejor apreciación de la evolución de nuestras mezcla fue muy tardada debido al contenido excesivo de agua en las mezclas, además que se verifico en obra cierto agrietamiento debido a lo que hemos venido mencionando exceso de agua.

Pero en cuanto a su resistencia el concreto evoluciono adecuadamente.

Su resistencia a compresión a los 28 días muy buena dando por encima de lo esperado, pero se observo que a los 3 y 7 días los especimenes se quedaron ligeramente debajo de los limites establecidos por nuestro propio laboratorio.



CAPITULO V



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este método aparentemente podría decirse que es conservador pero la realidad, es que comparativamente con el método del ACI 211.1 no presenta limitantes en cuanto a datos se refiere y si claro es menos practico que el método del ACI, creemos que el método de Abrams es mas aplicable y con menos limitantes para cualquier región del mundo que se utilice.

Creemos como hablamos un poco en la introducción que es necesario tomar mas en cuenta el control de calidad en las plantas concretaras debido a que con esto evitaríamos verdaderos dolores de cabeza tanto para el cliente como para el mismo proveedor, y se economizaría mas en cuanto a sus diseños.



CAPITULO VI



REFERENCIAS

[Ref. 1]

[Ref. 2]

Página Web del municipio de
Sahuayo de Morelos Michoacán, México.

www.sahuayo.mx

[Ref.3]

NMX-030-ONNCCE-2004; AGREGADOS MUESTREO.

[Ref.4]

NMX-C-170-1997-ONNCCE

REDUCCION DE LAS MUESTRAS DE AGREGADOS OBTENIDAS EN EL CAMPO AL
TAMAÑO REQUERIDO PARA LAS PRUEBAS.

[Ref.5]

NMX-C-073-ONNCCE-2004

MASA VOLUMÉTRICA, MÉTODO DE PRUEBA

[Ref.6]

NMX-C-077-1997-ONNCCE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-METODO DE PRUEBA.

[Ref.7]

SCT. INCISO 009.1

[Ref.8]

ASTM-C-127

[Ref.9]

DETERMINACIÓN DE LA MASA ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL
AGREGADO FINO.

[Ref.10]



ASTM-C-128

[Ref. 11]

SCT.M-MMP-1-05/03

[Ref. 12]

NMX-161-1997-ONNCCE
CONCRETO FRESCO MUESTREO

[Ref. 13]

NMX-C-156-1997-ONNCCE-DETERMINACION DEL REVENIMIENTO EN EL
CONCRETO FRESCO.

[Ref. 14]

NMX-C-162-ONNCCE-2000
DETERMINACION DE LA MASA UNITARIA, CALCULO DEL RENDIMIENTO Y
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL METODO GRAVIMETRICO.

[Ref. 15]

NMX-C-159-ONNCCE-2004
ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES EN EL LABORATORIO.

[Ref. 16]

NMX-C-281-1985
MOLDES PARA ELABORACION DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO
VERTICAL PARA PRUEBAS.

[Ref. 17]

NMX-C-160-ONNCCE-2004
ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.

[Ref. 18]

ASTM-C-1231
CABECEO DE ESPECÍMENES CILINDRICOS.

[Ref. 19]

NMX-083-1997-ONNCCE
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILÍNDROS DE
CONCRETO.

[Ref. 20]

ASTM-C-173
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO POR EL MÉTODO
VOLUMETRICO



[Ref.21]

NMX-C-177-1997

TIEMPOS DE FRAGUADO DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO VICAT.

[Ref.22]

DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO
PCA. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.