

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**ELABORACIÓN DE FICHAS, GUÍAS Y VIDEOS DE
PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NORMADOS PARA EL
MANUAL DE LABORATORIO DE HORMIGONES DE LA USFQ**
Trabajo Experimental

Juan Pablo Espinoza Donoso

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 14 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ELABORACIÓN DE FICHAS, GUÍAS Y VIDEOS DE PROCEDIMIENTOS DE
ENSAYOS NORMADOS PARA EL MANUAL DE LABORATORIO DE HORMIGONES
DE LA USFQ**

Juan Pablo Espinoza Donoso

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Gustavo Tapia, Ing.

Firma del profesor

Quito, 14 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Juan Pablo Espinoza Donoso

Código: 00114697

Cédula de Identidad: 0603239906

Lugar y fecha: Quito, 14 mayo de 2019

RESUMEN

El presente documento es el desarrollo de un manual para el laboratorio de hormigón de la USFQ, para el cual se realizaron guías de apoyo para 10 normativas ASTM (*American Society of Testing and Materials*), con designación C; las mismas que son aplicadas al momento de realizar ensayos que ayuden a obtener, o calcular, información de importancia sobre un material compuesto por cemento; tanto en su estado fresco, como endurecido. Adicionalmente, ciertas guías se encuentran adjuntas con material suplementario; como fichas y videos, que faciliten entender la importancia de cada ensayo al momento de obtener información significativa sobre un material compuesto de cemento.

Palabras clave: ASTM, normativa, hormigón, ensayo, proceso, guías, fichas

ABSTRACT

This document shows a manual for the USFQ's concrete laboratory, for which 10 support guides for the American Society of Testing and Materials (ASTM) were made. These standards have the C designation, which means that are applied at the time of performing tests that help, either obtain or calculate important information on a material composed of cement; both in its fresh and hardened state. Additionally, certain guides are attached with supplementary material; as performance sheets and videos, which make it easier to understand the importance of each test when obtaining significant information about a cement composite material.

Key Words: ASTM, standard, concrete, test, process, guides, performance sheet.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Descripción.....	10
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Justificación.....	11
Objetivos.....	12
2. DESARROLLO DEL TEMA.....	13
3. LISTA DE ENSAYOS	14
3.1 ASTM C1231 - Práctica estándar para el uso de almohadillas en la determinación de resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecidos	15
3.2 ASTM C617 - Práctica estándar para el refrentado de especímenes cilíndricos de concreto	19
3.3 ASTM C143 – Método estándar para determinar el asentamiento de concreto de cemento hidráulico	22
Ficha ASTM C143	26
3.4 ASTM C1064 – Método estándar para determinar la temperatura de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado	28
Ficha ASTM C1064	30
3.5 ASTM C31 – Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto	31
3.6 ASTM C39 – Método estándar para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.....	36
Ficha ASTM C39	39
3.7 ASTM C305 / ASTM C109 – Método estándar para la elaboración y ensayo a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 50 mm.	41
Ficha ASTM C305/309	51
3.8 ASTM C469 – Método estándar para determinar el módulo de elasticidad de una muestra de hormigón a compresión.....	53
Ficha ASTM C469	57
3.9 ASTM C173 – Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método volumétrico	59
Ficha ASTM C173	65
3.10 ASTM C231 – Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método de presión	67

Ficha ASTM C231	72
CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de normativas ASTM desarrolladas	13
Tabla 2. Lista de normas ASTM analizadas.....	14
Tabla 3. Requisitos para uso de almohadillas.	16
Tabla 4. Desviación estándar y rango aceptable para ensayo ASTM C143.....	26
Tabla 5. Requisitos de diámetro de varilla de compactación	32
Tabla 6. Número de capas y golpes a partir del tamaño del espécimen.....	33
Tabla 7. Rango de tolerancia para la edad de los cilindros	37
Tabla 8. Factor de corrección a partir de la relación D/L.....	39
Tabla 9. Cantidad de materiales para fabricar especímenes de mortero	45
Tabla 10. Tolerancia permitida dependiendo de la edad de las muestras de mortero	49
Tabla 11. Factores de corrección (C) para norma ASTM C173.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1. Ejemplo de retenedor y plato base	17
Figure 2. Dimensionamiento del molde para ensayo ASTM C143.....	23
Figure 3. Esquema de tipos de falla.....	40
Figure 4. Orden de apisonamiento para moldear especímenes cúbicos de prueba.....	48
Figure 5. Compresiómetro.....	54
Figure 6. Diagrama de desplazamientos para ensayo ASTM C469	54
Figure 7. Medidor de aire descrito en la norma ASTM C173	60
Figure 8. Diagrama esquemático de medidor tipo B.....	68

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción

El trabajo desarrollado tiene como objetivo presentar una serie de guías, junto con material adicional, que ayude a facilitar el entendimiento de ciertas normativas ASTM; las mismas que resultan ser documentos estandarizados que detallan la importancia, procesos y cuidados que se deben tener en cuenta al momento de realizar cualquier ensayo de interés sobre algún material en específico. Dentro de la organización ASTM, existen distintos grupos, o comités, que se encargan de realizar análisis en distintitos tipos de materiales; dicho esto, cada designación muestra el tipo de material que se encuentra estudiado. El presente trabajo de titulación muestra el desarrollo de una serie de guías, fichas y videos, todos como material adicional a las normativas documentadas, para 10 normas ASTM que tienen la designación C, lo que significa que los ensayos y pruebas se encuentran enfocadas para materiales compuestos de cemento, tal es el caso de muestras de hormigón o mortero; tanto en su estado fresco, como en su estado endurecido.

Este tipo de pruebas resulta ser de gran importancia ya que, al ser ensayos o prácticas estandarizadas por ASTM, el alcance de cada norma ayuda a determinar el estado de cualquier material; en este caso, elementos compuestos por cemento, y en base al resultado obtenido; es posible calificar, estudiar y hasta determinar la calidad del producto que se encuentra analizado.

Hay que tener claro que ninguno de los documentos desarrollados a continuación reemplaza el contenido de la normativa estipulada; más bien, el trabajo representa ser un manual adicional que busca aportar a la información descrita en las normativas ASTM con la finalidad de reforzar los conocimientos y estudios sobre hormigón que se brinda en algunas clases de la carrera de Ingeniería Civil de la USFQ; siendo una de estas Laboratorio de Hormigones, la

misma que es una de las primeras materias donde un estudiante se familiariza con el comportamiento y ensayos que se realizan a muestras de hormigón.

1.2 Antecedentes

Hay en existencia una serie de guías y videos suplementarios que se han realizado con la finalidad de comprender de mejor manera los estándares ASTM. Este material de apoyo puede ser hallado en libros o recursos electrónicos; de igual manera, existen varias destacadas Universidades e instituciones que han realizado este tipo de enseñanza utilizando sus respectivos equipos y materiales; sin embargo, muchos de estos documentos presentan errores al momento de realizar los ensayos, o simplemente la gente que se encuentra realizándolos utiliza materiales diferentes a los que se encuentran en el Laboratorio de hormigones de la USFQ. El conjunto de todos estos recursos resulta ser una gran ayuda al momento de entender los conceptos detrás del análisis de muestras compuestas de cemento, a partir de la información publicada en las normas ASTM – C.

Los documentos que se escogieron para el desarrollo del presente manual forman parte de las normas estudiadas dentro de una de las materias de la malla del programa de pregrado de Ingeniería Civil de la USFQ, Laboratorio de Hormigón. Dicho todo esto, así surgió la idea de realizar un manual de apoyo; no sólo para las personas que reciban la materia de Laboratorio de Hormigón, sino también para gente que quisiera entender de mejor manera ciertos ensayos ASTM.

1.3 Justificación

De manera que existen distintos tipos de recursos complementarios que funcionan como material suplementario al momento de entender el procedimiento de ejecutar ciertas normas ASTM; lo que este trabajo de titulación busca es crear un manual unificado que indique los procesos adecuados que se deben llevar a cabo al momento de realizar los ensayos estipulados en las normas ASTM.

Dado que ciertas normas se las pueden llevar a cabo de distintas maneras, el manual realizado incluye una serie de guías, fichas y videos que detallan el proceso realizado utilizando los materiales y equipos del Laboratorio de Hormigones de la USFQ.

Objetivos

- Elaborar guías referentes al proceso de realización de 10 normas de hormigón.
- Presentar una guía audiovisual referente para 8 de las 10 normas de hormigón analizadas.
- Revisar y demostrar la importancia de cada norma.
- Estandarizar los procedimientos de toma de datos y resultados para el laboratorio de materiales de la USFQ

2. DESARROLLO DEL TEMA

El trabajo realizado es de carácter experimental para el cual se seleccionaron 10 normativas ASTM – C y se decidió hacer un manual que recopile distintos tipos de recursos para facilitar la importancia del uso de las normativas ASTM en el momento de realizar ensayos a muestras de hormigón y mortero.

Los 10 estándares ASTM seleccionados para el manual se encuentran resumidos en la Tabla 1. Lista de normativas ASTM desarrolladas, en donde se clasificó cada normativa dependiendo del tipo del estado en el que la muestra de hormigón se encuentra.

Tabla 1. Lista de normativas ASTM desarrolladas

Normas ASTM- C Estudiadas	Normas para mezclas de hormigón	Normas para hormigón en estado fresco	ASTM C143 ASTM 1064 ASTM C31 ASTM C173 ASTM C231
		Normas para hormigón endurecido	ASTM C1231 ASTM C617 ASTM C39 ASTM C469
	Normas para mezclas de moertero	Mezcla de morteros y ensayos a compresión	ASTM C305 y ASTM C109

Para llevar a cabo este proceso, se estudió cada Norma ASTM.

3. LISTA DE ENSAYOS

La lista completa de las 10 normas ASTM que se analizaron se detalla a continuación en la Tabla 2. Lista de normas ASTM analizadas, donde se muestra el nombre de la norma junto con su designación, y si se realizó algún tipo de documento adjunto; como una ficha o material audiovisual (video) descriptivo del proceso.

Tabla 2. Lista de normas ASTM analizadas

Designación	Nombre	Incluye Ficha	Video
ASTM C1231	Práctica estándar para el uso de almohadillas en la determinación de resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecido	No	No
ASTM C617	Método estándar para el refrentado de especímenes cilindros de concreto	No	Si
ASTM C143	Método estándar para determinar el asentamiento de concreto de cemento hidráulico	Si	Si
ASTM C1064	Método estándar para determinar la temperatura de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado	Si	Si
ASTM C31	Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto	No	Si
ASTM C39	Método estándar para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón	Si	Si
ASTM C305/ASTM C109	Método estándar para la elaboración y ensayo a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 50 mm.)	Si	Si
ASTM C469	Método estándar para determinar el módulo de elasticidad de una muestra de hormigón a compresión	Si	Si
ASTM C173	Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método volumétrico	Si	Si
ASTM C231	Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por presión	Si	Si

3.1 ASTM C1231 - Práctica estándar para el uso de almohadillas en la determinación de resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecidos

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C1231

1. Alcance

- Esta práctica cubre los requisitos para el uso almohadillas de neopreno como sistema de refrentado para muestras cilíndricas que fueron realizadas en base a la norma ASTM C31

2. Referencias

- ASTM C1231 - Práctica estándar para el uso de almohadillas en la determinación de fuerza a compresión de cilindros de concreto endurecidos.
- ASTM C31 - Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto.
- ASTM C39 - Método estándar para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

3. Objetivos

- a) Comprender la norma ASTM C1231 junto con sus requisitos necesarios para el uso de almohadillas en especímenes cilíndricos de hormigón.
- b) Las muestras cilíndricas de hormigón tuvieron que haber sido realizadas en base a la norma ASTM C31.
- c) Entender el funcionamiento de las almohadillas en el momento de aplicar una carga constante en el cilindro

NOTA: No se debe usar almohadillas cuando el esfuerzo a compresión de los cilindros de hormigón es menor a 10 MPa.

4. Equipos y Calibración

El dimensionamiento de los elementos debe cumplir con las medidas estipuladas en la norma ASTM C1231

- a) **Almohadillas Elastoméricas:** Son almohadillas compuestas de neopreno y deben tener un grosor de 13 ± 2 mm. y su diámetro total no debe ser más de 2 mm. pequeño que el retenedor.

NOTAS:

- Es necesario tener un registro con la dureza correspondiente de cada almohadilla; igual que el número de usos que se la ha dado.
- En el caso que la almohadilla de neopreno presente fisuras, se deben hacer ensayos prueba en donde se vea que el esfuerzo a compresión registrado para una muestra cilíndrica de hormigón no tenga una diferencia mayor al 98% del esfuerzo promedio de la misma mezcla para cilindros que no usaron almohadillas.

Tabla 3. Requisitos para uso de almohadillas.

Fuente: ASTM C1231. 2014

Compressive Strength, ^A MPa [psi]	Shore A Durometer Hardness	Qualification Tests Required	Maximum Reuses
Less than 10 [1 500]		Not permitted	
10 to 40 [1 500 to 6 000]	50	None	100
17 to 50 [2 500 to 7 000]	60	None	100
28 to 50 [4 000 to 7 000]	70	None	100
50 to 80 [7 000 to 12 000]	70	Required	50
Greater than 80 [12 000]		Not permitted	

^A Compressive strength of concrete at age of testing as specified in Contract Documents. For acceptance testing, it is the specified compressive strength f'_c .

- b) **Retenedor:** Accesorio metálico que brinda soporte y alineamiento a las almohadillas de neopreno y al espécimen cilíndrico.

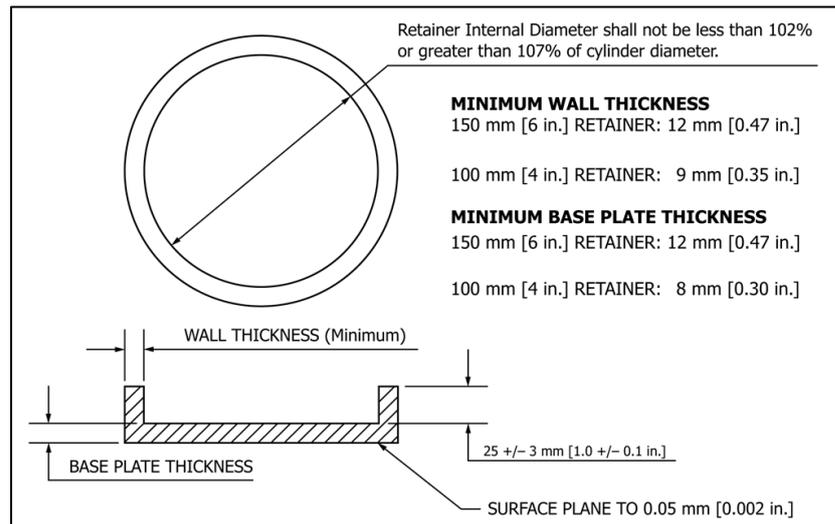


Figure 1. Ejemplo de retenedor y plato base
 Fuente: ASTM C1231. 2014

5. Procedimiento

NOTAS:

- Previo a colocar las almohadillas en las muestras cilíndricas de hormigón; tanto los de dimensiones 100 mm. x 200 mm., como los de 150 mm. x 300 mm., deben estar realizados en base a la norma ASTM C31. Estos cilindros no deben desviarse de la perpendicularidad en más de 0.5° con respecto a sus ejes.
- Para este ensayo se pueden utilizar una o dos almohadillas dependiendo del estado de las caras de los cilindros.

A. Colocación de las almohadillas y ensayo a compresión

- i. Verificar que las almohadillas de neopreno cumplan con los dimensionamientos de los cilindros realizados.
- ii. Colocar una, o dos almohadillas; dependiendo del estado del cilindro de hormigón en los extremos de este.
- iii. Realizar la prueba de ensayo a compresión en base a la norma ASTM C39.
- iv. Registrar datos de importancia como el esfuerzo obtenido y el número de uso que se dicho a la, o las, almohadillas de neopreno.

6. Recomendaciones

- Para este ensayo es necesario tener un registro del número de veces que ha sido utilizada cada almohadilla elastomérica junto con las fechas de uso. De igual manera, se debe tener la documentación referente al producto con la clasificación respectiva.

3.2 ASTM C617 - Práctica estándar para el refrentado de especímenes cilíndricos de concreto

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C617

1. Alcance

- Esta práctica cubre los aparatos, materiales y requisitos necesarios para el refrentado (*Capping*) de especímenes cilíndricos endurecidos de hormigón; al igual que para núcleos de hormigón extraídos.
- La guía realizada detalla el proceso de refrentado de muestras cilíndricas utilizando específicamente mortero de azufre.

2. Referencias

- ASTM C617 - Método estándar para el refrentado de especímenes cilíndricos de concreto.

3. Objetivos

- a) Comprender la norma ASTM C617 junto con sus equipos y materiales que van a ser empleados para realizar el proceso de refrentado para especímenes cilíndricos de concreto.

NOTAS

- Se recomienda utilizar el equipo de seguridad del laboratorio (mandil, gafas, guantes y mascarilla) en el momento de manipular la mezcla de azufre.

4. Equipos y Calibración

- a) **Superficies de refrentado:** Estas superficies deben estar compuestas de metal y no deben tener una profundidad mayor de 12 mm. Su diámetro debe ser por lo menos 25 mm. más grande que el diámetro del espécimen cilíndrico de hormigón.

b) Dispositivos de alineado: Estos dispositivos pueden ser niveles, o cualquier otro aparato que ayude a verificar que ninguna tapa colocada sobre los especímenes se desvíe más de 0.5° con respecto al eje perpendicular del cilindro.

c) Recipientes para mortero de Azufre: Elementos de metal, o cualquier otro material, que no reaccione con el azufre. Estos recipientes deben constar de controles automáticos que permitan regular la temperatura.

NOTAS:

- Los recipientes deben ser manipulados al aire libre. De no ser este el caso, debe existir un extractor de gases cerca.
- Debe existir gran cuidado en el momento de manipular el azufre dentro del recipiente debido a que la temperatura a la que el azufre reacciona es aproximadamente 270°C .

d) Cucharón y Paleta: Materiales que facilitan a manipular la muestra de azufre.

5. Procedimiento

NOTAS:

- Para realizar ensayos a compresión a muestras cilíndricas de hormigón a las que se les ha colocado la tapa de azufre; el mortero de azufre tuvo que haber tenido un tiempo de endurecimiento, luego de la colocación, de 2 horas para especímenes con una resistencia menor a los 35 MPa. y 16 horas para especímenes con una resistencia mayor a 35 MPa.

A. Proceso de refrentado utilizando mortero de azufre.

- i. Preparar la mezcla de mortero de azufre por medio de calentar el polvo de azufre dentro del recipiente metálico. Este recipiente se debe encontrar en el rango de temperatura de los 130°C y 145°C .

NOTAS:

- Revisar la temperatura del mortero de azufre en intervalos de una hora.

- ii. Limpiar las superficies metálicas que ayudaran al tapado de los cilindros de hormigón.
- iii. Colocar cera, o algún tipo de aceite, en la base de la superficie metálica.
- iv. Con la ayuda del cucharón, mezclar el mortero de azufre que se encuentra dentro del recipiente metálico y colocar uno o dos cucharones (de ser necesario) de la mezcla sobre la superficie metálica.
- v. Colocar uno de los extremos del cilindro de hormigón sobre la superficie metálica.

NOTA:

- El cilindro se debe encontrar correctamente alineado entre la superficie metálica y el apoyo vertical del mismo.
- vi. Retirar el cilindro de la superficie metálica una vez que existió un cambio de color en la mezcla de mortero indicando que el azufre se ha enfriado.
 - vii. Limpiar la superficie metálica y repetir los pasos iii, iv, v y vi para el otro extremo del cilindro

6. Recomendaciones

- Revisar la temperatura de la mezcla de mortero en intervalos de una hora y verificar la contextura de este.
- El polvo de azufre luego de haberse enfriado puede ser reutilizado para realizar una nueva mezcla de mortero; no obstante, se debe tener en consideración que el material no se reúse más de 5 veces.

3.3 ASTM C143 – Método estándar para determinar el asentamiento de concreto de cemento hidráulico

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C143

1. Alcance

- Este método cubre la determinación de asentamiento para concreto de cemento hidráulico; tanto en laboratorio, como en campo.

2. Referencias

- ASTM C143 – Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico.

3. Objetivos

- a) Emplear los conocimientos de la norma ASTM C143 para poder monitorear la consistencia del hormigón no endurecido.
- b) Determinar la relación que existe entre el asentamiento y la resistencia del concreto.

4. Equipos y Calibración

- a) **Molde (Cono de Abrams).** El molde debe ser de metal y debe ser lo suficientemente rígido para mantener sus dimensiones en el momento de realizar el ensayo.

Las medidas de cono se observan a continuación:

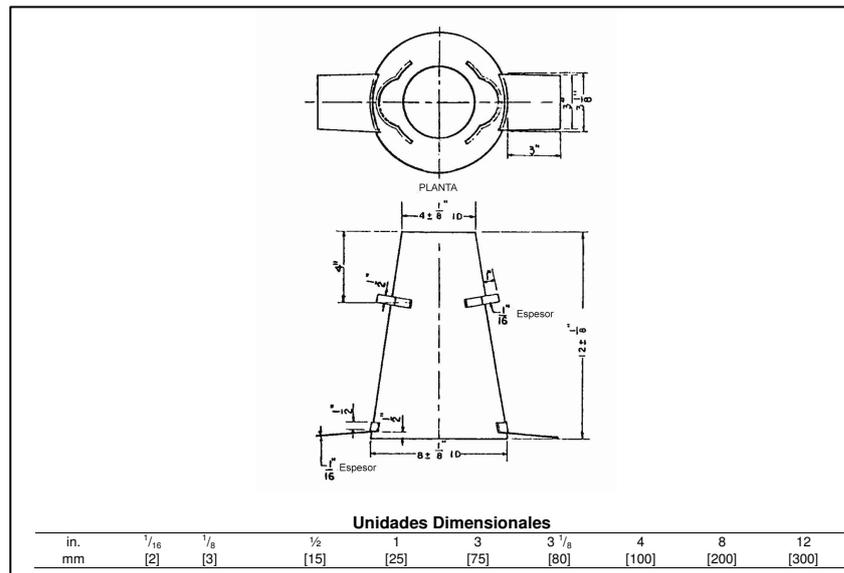


Figure 2. Dimensionamiento del molde para ensayo ASTM C143

Fuente: ASTM C143, 2015

- b) Varilla compactadora.** Debe ser una varilla redonda en ambos extremos, lisa y de acero con un diámetro de $16 \text{ mm.} \pm 2 \text{ mm.}$ Su longitud debe ser al menos 100 mm. más grande que la profundidad del molde.
- c) Dispositivo para medir.** Regla o instrumento para medir longitudes. Debe estar marcado en incrementos de 5 mm o menores. Su longitud debe ser de al menos 300 mm.
- d) Cucharón o pala.** De tamaño suficiente grande que permita tomar muestras representativas y suficientemente pequeña para no causar derrames en el momento de llenar el molde.
- e) Superficie plana.** Este ensayo requiere que se lo realice sobre una superficie metálica plana.

5. Procedimiento

A. Colocación y compactación del hormigón

- i. Humedecer el interior del molde (cono de Abrams) junto con todas las herramientas que se encuentren en contacto con la mezcla de hormigón.

NOTA:

- A lo largo de todo el ensayo el molde debe encontrarse firmemente mantenido, ya sea por algún operador, o por la ayuda de grapas que se encuentren en la placa plana de la base.
- ii. Usar un cucharón o pala para llenar el molde en tres capas de la mezcla de hormigón.

NOTAS:

- Se recomienda mover la pala alrededor del perímetro de la abertura del molde para distribuir de mejor manera la mezcla y que exista una mínima cantidad de segregación.
- Cada capa debe ser aproximadamente $1/3$ del volumen total del molde.
- iii. Utilizar la varilla compactadora para varillar cada capa de hormigón un total de 25 veces.

NOTAS:

- El proceso de varillado se lo realiza en forma de espiral, desde los bordes del molde; en donde se emplea una varilla de ligeramente inclinada, hacia el centro; donde la varilla termina en una posición vertical.
- Durante el varillado de la segunda y tercera capa, se busca que la varilla penetre 25 milímetros de la capa inferior.
- Si en el momento de varillado de la tercera capa existe una falta de hormigón, se coloca más mezcla y se continúa el proceso de varillado hasta que cumplan los 25 apisonamientos.
- iv. Enrazar la última capa de hormigón con un movimiento de regleado y rolo de la varilla compactadora.
- v. Limpiar los bordes superiores e inferiores del molde para quitar el exceso de hormigón.

B. Retiro de Molde

- i. Retirar el molde de concreto por medio de levantarlo cuidadosamente en dirección vertical en un tiempo de 5 ± 2 segundos.

NOTAS:

- El movimiento de retirar el molde se lo debe realizar de manera firme y continua sin realizar un ningún tipo de meneo horizontal o torsión.
- Si en el momento de retirar el molde existe un desplazamiento o repartición de la muestra de hormigón, la prueba se descarta.
- Medir el asentamiento como la distancia vertical entre la parte superior del cono y el centro original desplazado con una aproximación de 5 milímetros.

6. Recomendaciones

- Esta norma sólo es aplicable para hormigón que contiene agregado hasta de 1.5 in. (37.5 mm.)
- Todo el ensayo ASTM C143 se lo debe realizar en un periodo máximo de 2.5 minutos, desde el momento que se coloca la primera cucharada de hormigón en el molde, hasta que se retira el mismo. En el caso de que tome más tiempo, el ensayo es invalidado.

Ficha ASTM C143

Método estándar para determinar el asentamiento de concreto de cemento hidráulico

1. Registrar los siguientes datos

Llenar		
Temperatura	°C	
Consistencia visual (muestra)	Húmeda, Semi-seca, Seca	

Tabla 4. Desviación estándar y rango aceptable para ensayo ASTM C143

Fuente: ASTM C143, 2015

Índice de asentamiento y tipo	Desviación estándar (1s) ^A		Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A	
	pulg.	[mm]	pulg.	[mm]
<i>Precisión de un solo operador:</i>				
Asentamiento de 1.2 pulgadas [30 mm]	0.23	[6]	0.65	[17]
Asentamiento de 3.4 pulgadas [85 mm]	0.38	[9]	1.07	[25]
Asentamiento de 6.5 pulgadas [160 mm]	0.40	[10]	1.13	[28]
<i>Precisión de laboratorios múltiples:</i>				
Asentamiento de 1.2 pulgadas [30 mm]	0.29	[7]	0.82	[20]
Asentamiento de 3.4 pulgadas [85 mm]	0.39	[10]	1.10	[28]
Asentamiento de 6.5 pulgadas [160 mm]	0.53	[13]	1.50	[37]

^A Estas cifras representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) tal como se los describe en la Práctica C670.

2. Cálculos

	Unidades	Valor
Tiempo de duración de ensayo (Máx. Duración 2.5 minutos)	Minutos: Segundos	
Asentamiento obtenido	[mm]	

Seleccionar Respuesta		
Existió algún tipo de desprendimiento a lo largo del ensayo	SI	NO

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

3.4 ASTM C1064 – Método estándar para determinar la temperatura de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C1064

1. Alcance

- Este método ayuda a determinar la temperatura de una mezcla de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado. La temperatura medida es representativa al momento que se realizó el ensayo; por lo que no resulta ser un buen indicador en determinar la temperatura de una muestra fresca de hormigón a un tiempo después.

2. Referencias

- ASTM C1064 – Método de ensayo estándar para temperatura de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado.

3. Objetivos

- a) Determinar la temperatura de una mezcla de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado.

4. Equipos y Calibración

- a) **Recipiente.** El recipiente debe ser lo suficientemente grande para que pueda cubrir al menos 75 mm. de hormigón en todas las direcciones del sensor.
- b) **Termómetro.** Este dispositivo debe ser capaz de medir adecuadamente la temperatura de una muestra fresca de hormigón con una precisión de ± 5 °C. Además de eso, debe ser capaz de registrar temperaturas que se encuentre entre el rango de 0 °C hasta 50 °C.

5. Procedimiento

A. Colocación de Dispositivo

- i. Colocar el dispositivo que mida la temperatura en el recipiente que contenga la muestra de hormigón.

NOTAS:

- El dispositivo debe encontrarse sumergido por lo menos 75 mm. de la muestra de hormigón.
- ii. Cerrar el vacío producido por la inserción del dispositivo en la muestra por medio de presionar suavemente la muestra de hormigón que rodea el dispositivo con la finalidad que no existan lecturas de la temperatura del ambiente.
- iii. Dejar el dispositivo en la muestra fresca de hormigón por un tiempo aproximado de 2.5 minutos y medio y obtener la lectura de la temperatura redondeada a los 0.5°C cercanos.

NOTAS:

- No retirar el dispositivo de la muestra fresca de hormigón mientras se obtiene la lectura de la temperatura.

6. Recomendaciones

- La temperatura medida en base a la norma ASTM C1064 sólo es aplicable para muestras de hormigón que se mezclaron en ese mismo instante. Esta norma no es un buen indicador en determinar la temperatura de una muestra de hormigón después de un cierto tiempo.
- La precisión del dispositivo para medir la temperatura de una muestra de hormigón fresca debe ser verificada cada año por medio de comparar la lectura de la temperatura que muestra el dispositivo al medir dos temperaturas con una diferencia de 15 °C.

Ficha ASTM C1064**Método estándar para determinar la temperatura de hormigón de cemento hidráulico recién mezclado****1. Registrar los siguientes datos:**

		Llenar
Consistencia visual (muestra)	Húmeda, Semi-seca, Seca	
Temperatura registrada (Durante los primeros segundos)	°C	
Temperatura registrada (Luego de 2.5 minutos)	°C	

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

3.5 ASTM C31 – Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C31

1. Alcance

- Este método detalla los procedimientos a llevar a cabo para preparar y curar especímenes cilíndricos a partir de una muestra representativa de hormigón fresco.

2. Referencias

- ASTM C31 - Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto.

3. Objetivos

- a) Comprender la norma ASTM C31, con sus procedimientos estipulados, para preparar especímenes cilíndricos de hormigón a partir de una muestra representativa.
- b) Entender los requisitos para curar y proteger los especímenes cilíndricos de hormigón.

4. Equipos y Calibración

- a) **Moldes Cilíndricos.** Deben estar hechos de acero o de algún otro material no absorbente. En el caso de los moldes cilíndricos, debe existir una relación donde su altura sea el doble de su diámetro.

NOTAS:

- El diámetro de los cilindros debe ser tres veces mayor que el valor máximo nominal del agregado grueso.
- b) **Varilla redonda.** Debe ser una varilla redonda en ambos extremos, lisa y de acero con una longitud de al menos 100 mm. más grande que la profundidad del molde.

NOTAS:

- El diámetro de varilla redonda que se utilice se selecciona a partir del tamaño de molde que se vaya a usar, tal como lo describe la Tabla 5. Requisitos de diámetro de varilla de compactación.

Tabla 5. Requisitos de diámetro de varilla de compactación

Fuente: ASTM C31, 2018

Diámetro del cilindro o ancho de la viga in. [mm]	Diámetro de la varilla in. [mm]
<6 [150]	$\frac{3}{8} \pm \frac{1}{16}$ [10±2]
≥6 [150]	$\frac{5}{8} \pm \frac{1}{16}$ [16±2]

- c) **Mazo con cabeza de goma.** Se utiliza un mazo de goma para realizar leves golpes sobre los moldes cilíndricos compuestos de acero con la finalidad de cerrar los orificios de aire.

NOTAS.

- En el caso de utilizar moldes que puedan ser deformados con facilidad, se debe usar la palma de la mano como instrumento sustituto al mazo de goma.
- d) **Cucharón.** De tamaño suficiente grande que permita tomar muestras representativas y suficientemente pequeña para no causar derrames en el momento de llenar el molde.
- e) **Herramientas de terminado.** Material que permita enrazar la superficie del cilindro y logre a que exista una superficie plana.

5. Procedimiento

NOTAS:

- La norma ASTM C31 determina el proceso de preparación y curado, tanto para especímenes cilíndricos, como vigas; no obstante, el proceso detallado a continuación sólo se enfoca en la preparación y curado para muestras cilíndricas dentro del laboratorio.

- Adicionalmente, la norma ASTM C31 menciona como métodos de compactación el método por varillado y por vibración; sin embargo, el proceso detallado utiliza al varillado como método de compactación.

A. Moldeado de especímenes

- Colocar el molde sobre una superficie sobre una superficie plana, nivelada y libre de vibración.
- Seleccionar el tamaño de varilla compactadora a partir de la Tabla 5. Requisitos de diámetro de varilla de compactación
- Con la ayuda del cucharón, se coloca hormigón en los moldes teniendo en cuenta el número correspondiente de capas de llenado y número de apisonamientos por varillado a realizar.

NOTAS.

- Revisar la Tabla 6. Número de capas y golpes a partir del tamaño del espécimen

Tabla 6. Número de capas y golpes a partir del tamaño del espécimen
Fuente: ASTM C31, 2018

Tipo y Tamaño del Especimen	Número de Capas de Aproximadamente Igual Profundidad	Número de golpes de Varilla por Capa
Cilíndricos:		
Diámetro, in. [mm]		
4 [100]	2	25
6 [150]	3	25
9 [225]	4	50
Vigas:		
Ancho, in. [mm]		
6 [150] a 8 [200]	2	vea 9.3
>8 [200]	3 o más de igual profundidad, cada una sin exceder 6 in. [150 mm].	vea 9.3

- Realizar el apisonamiento utilizando la varilla redonda a cada capa de la muestra.

NOTAS:

- Procurar introducir la varilla 25 mm de la capa inferior en el momento de realizar el apisonamiento por varillado.

- v. Después de haber realizado el número respectivo de apisonamientos con la varilla, golpear gentilmente entre 10 a 15 veces los bordes del molde usando el mazo de goma para liberar los vacíos de aire.

NOTAS.

- En el caso de tener moldes que puedan ser deformados con facilidad en el momento de golpearlos con el mazo de goma; se puede utilizar la palma de la mano como herramienta sustituta y se prosigue con los golpes.

- vi. Realizar el proceso de enrazado con la varilla, u otra herramienta de terminado con la finalidad que la superficie se encuentre lisa.

- vii. Limpiar los bordes y cubrir al molde con una tapa, o algún material removible, que evitar evaporación superficial de probetas.

- viii. Marcar los moldes e identificarlos con su mezcla y datos correspondientes.

NOTAS:

- Se recomienda no marcar las tapas superiores removibles. Usar los bordes del molde.

B. Curado inicial

- i. Curado inicial se denomina al proceso de transportar y almacenar las muestras cilíndricas de hormigón en un ambiente de temperatura estable por un periodo no mayor a 48 horas.

NOTAS:

- La temperatura del cuarto donde se almacene los cilindros debe encontrarse en el rango de 16 °C hasta 27 °C.

C. Curado final

- i. Una vez completada la fase de curado inicial, se retiran los moldes de los especímenes y dentro de un periodo no mayor a 30 minutos, se procede a

colocar a los cilindros en piscinas de curado cuya temperatura sea de 23.0 ± 2 °C.

6. Recomendaciones

- Los especímenes cilíndricos de hormigón realizados en base a la norma ASTM C31 son aptos para ser utilizados para ser utilizados para los siguientes ensayos:
 - Ensayos de aceptación para una resistencia especificada
 - Control de idoneidad de dosificación de mezcla para resistencia
 - Control de calidad
- Si los especímenes cilíndricos son hechos y curados en campo, los resultados a compresión pueden ser utilizados para los siguientes propósitos:
 - Determinar si la estructura puede ser posible de ponerse en servicio.
 - Comparar los resultados con los de otros especímenes que han recibido un curado estándar.

3.6 ASTM C39 – Método estándar para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C39

1. Alcance

- Este método de prueba cubre el procedimiento para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón; tanto para ejemplares moldeados, como núcleos extraídos.

2. Referencias

- ASTM C39 - Método estándar para determinar esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.
- ASTM C31 - Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en obra.

3. Objetivos

- a) Comprender la norma ASTM C39 para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos por medio de aplicar una carga axial a cierta velocidad hasta que ocurra la falla.
- b) Reconocer el tipo de falla

NOTAS:

- Se debe tener gran cuidado en el momento de interpretar los datos de esfuerzos a compresión obtenidos por lo que la resistencia a la compresión es una propiedad que depende las condiciones y materiales empleadas en el momento de fundición de los cilindros.

4. Equipos y Calibración

- a) **Máquina de Prueba:** Este dispositivo debe ser capaz de aplicar una fuerza constante a una razón entre el rango 0.15 MPa/s - 0.35 MPa/s
- b) **Espécimen cilíndrico de hormigón:** Las muestras cilíndricas de hormigón que vayan a ser ensayadas tuvieron que haber sido preparadas bajo los parámetros de la norma ASTM C31.

NOTAS:

- Previamente al ensayo, se debe verificar que no exista una desviación mayor a 0.5° sobre la perpendicularidad del cilindro de hormigón.

5. Procedimiento

NOTAS:

- Los ensayos a compresión se los deben hacer a las muestras cuando recién salen de su piscina o cuarto de curado. Los especímenes deben encontrarse húmedos en el momento de la prueba.
- El rango de tolerancia permisible para aplicar el ensayo de compresión, dependiendo de la edad del espécimen, se lo encuentra en la Tabla 7. Rango de tolerancia para la edad de los cilindros

Tabla 7. Rango de tolerancia para la edad de los cilindros

Fuente: ASTC C39, 2003

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

A. Toma de Datos

- Registrar los datos correspondientes de diámetro y altura del cilindro.

NOTAS:

- El registro de datos se encuentra detallado en la ficha adjunta a la presente guía de ensayo.

B. Colocación del Espécimen de Hormigón

- i. Verificar que las caras planas de los soportes de la máquina de prueba, al igual que las caras del cilindro, se encuentren limpias.
- ii. Colocar el espécimen de hormigón sobre el soporte inferior de la máquina de prueba.
- iii. Alinear el cilindro de hormigón de tal manera que se encuentre en el centro del soporte inferior.

C. Chequeo y tasa de carga de máquina de prueba

- i. Revisar que la máquina de prueba se encuentre calibrada, y que el indicador de esfuerzo a la compresión se encuentre marcando cero (0) antes de realizar el ensayo.
- ii. Configurar la máquina para que aplique una carga continua con la razón de 0.15 MPa/s , hasta 0.35 MPa/s .

6. Cálculos

- Los cálculos se encuentran detallados en el documento ficha adjunto.
- El resultado de resistencia a compresión (fm) se lo reporta al los 0.1 MPa más cercanos.

7. Recomendaciones

- El ensayo de prueba ASTM C39 esta limitado a utilizar especímenes que contienen una densidad mayor a 800 kg/m^3 .

Ficha ASTM C39

Método estándar para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

1. Registrar los siguientes datos:

Número/Datos Cilindro		
Edad	Días	
Promedio de 3 medidas del diámetro (D)	<i>mm.</i>	
Área transversal	<i>mm²</i>	
Promedio de 3 medidas de la altura (L)	<i>mm.</i>	
Relación D/L	---	
Factor de Corrección (Revisar Tabla 3)		
Carga Máxima	<i>N.</i>	

2. Cálculos

NOTAS:

- Revisar nomenclatura de notas utilizada en la parte de cálculos de la guía de ensayo correspondiente a esta ficha.
- El factor de corrección D/L se encuentra detallado en la Tabla 8. Factor de corrección a partir de la relación D/L.

Tabla 8. Factor de corrección a partir de la relación D/L

Fuente: ASTM C39, 2003

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

- El esquema de tipos de falla se encuentra en la Figure 3. Esquema de tipos de falla.

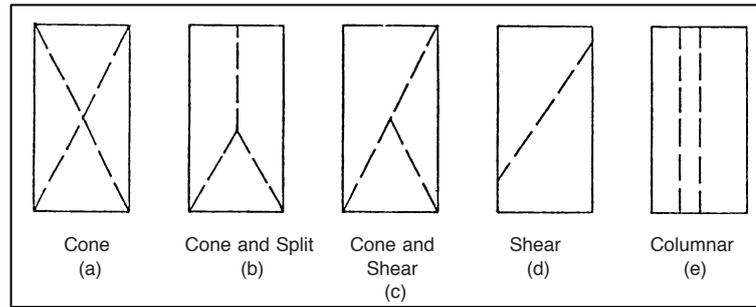


Figure 3. Esquema de tipos de falla

Fuente: ASTM C39

Esfuerzo a la compresión (f_m) se calcula de la siguiente manera:

$$f_m = \frac{P}{A} \text{ [MPa.]}$$

En donde:

P – Carga máxima total [N.]

A – Área de la superficie cargada [mm^2 .]

Esfuerzo a la compresión (f_m). (Aproximado a los 0.1 MPa más cercanos)	<i>MPa.</i>	
Resistencia a la compresión considerando factor de Corrección D/L. (Revisar Tabla 8. Factor de corrección a partir de la relación D/L)	<i>MPa.</i>	
Tipo de Falla (Revisar Figure 3. Esquema de tipos de falla)	---	

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

3.7 ASTM C305 / ASTM C109 – Método estándar para la elaboración y ensayo a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 50 mm.

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C305 / ASTM C109

1. Alcance

- Emplear la práctica ASTM C305 para entender el proceso de mezcla de pastas y morteros, ambos hechos con cemento hidráulico.
- Emplear la prueba ASTM C109 para determinar el esfuerzo a compresión de especímenes cúbicos de 50mm., hechos con cemento hidráulico

2. Referencias

- ASTM C305 - Práctica estándar para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.
- ASTM C109 - Método de prueba estándar para determinar el esfuerzo a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 50 mm.

3. Objetivos

- a) Comprender las normas ASTM -Sección C- para esta práctica: ASTM C109 y ASTM C305.
- b) Mezclar y elaborar correctamente cubos de mortero de 50mm.
- c) Determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico siguiendo la norma ASTM C109.
- d) Analizar los resultados encontrados.

4. Equipos y Calibración

- a) **Pesas y Dispositivos de Peso:** el dispositivo de peso deberá ser evaluado para una precisión y bias con una carga total de 2000 g.
- b) **Probetas Graduadas:** con una capacidad conveniente para manejar el volumen indicado a 20 °C (preferiblemente lo suficientemente grande para medir el agua de mezclado en una sola operación). La variación permisible deberá ser de ± 2 mL.
- c) **Moldes para Especímenes:** cúbicos de 2 pulgadas o de [50 mm], deberán estar adecuadamente cerrados. Los moldes no deberán tener más de tres compartimientos y deberán ser separables en no más de dos partes. Las partes de los moldes cuando se ensamblen deberán estar armadas completamente. Para moldes nuevos el número de dureza de Rockwell del metal será no menor que 55 HRB. Los lados de los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para prevenir la expansión o combadura. La cara interior de los moldes deberá ser superficie plana.
- d) **Mezclador, Tazón y Paleta:** un mezclador mecánico accionado eléctricamente del tipo equipado con paleta y tazón de mezclado, como especifica la Práctica C305.
- e) **Mesa de Flujo y Molde de Flujo:** conforme a los requisitos de la Especificación C 230.
- f) **Apisonador:** no absorbente, no abrasivo, de material no frágil como por ejemplo un compuesto de goma que tenga una dureza en el durómetro de 80 ± 10 o de madera de roble curada volviéndola no absorbente por inmersión durante 15 min. en parafina a aproximadamente 392 °F o [200 °C], deberá tener una sección transversal de aproximadamente 1/2 por 1 pulgada o [13 por 25 mm] y una longitud conveniente de alrededor de 5 a 6 pulgadas o [120 a 150 mm]. La cara del apisonador deberá ser plana y con ángulos rectos a la longitud del apisonador.
- g) **Espátula:** que tenga una hoja de acero de 4 a 6 pulgadas [100 a 150 mm] en longitud, con bordes rectos.

- h) Gabinete o Cuarto de Curado:** conforme a los requisitos de la Especificación C511.
- i) Máquina de Prueba:** ya sea tipo hidráulica o de tornillos, con suficiente abertura entre las superficies de apoyo superior e inferior de la máquina para permitir el uso de aparatos de verificación. La carga aplicada al espécimen de prueba deberá estar indicada con una precisión de $\pm 1.0\%$. Si la carga aplicada por la máquina de compresión es registrada en un dial, el dial deberá estar provisto con una escala de graduación que pueda ser leída en al menos el más cercano 0.1% de la escala de carga completa.

NOTAS:

- Si la carga de la máquina de prueba está indicada de forma digital, la pantalla numérica deberá ser lo suficientemente grande para ser leída fácilmente. El incremento numérico deberá ser igual a o menor que 0.10% de la carga de la escala completa de un rango de carga dado.
 - El apoyo superior será un asiento esférico de un bloque de metal duro firmemente fijo en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera deberá encontrarse en el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen. El bloque deberá mantenerse en su asiento de la superficie del apoyo, deberá ser un poco más grande que la diagonal de la cara de 2 pulgadas o [50 mm] del cubo con el objeto de facilitar un centrado preciso del espécimen. Un bloque de apoyo de metal endurecido deberá ser usado debajo del espécimen para minimizar el uso de los rodillos inferiores, de la máquina.
- j) Arena Estándar Graduada:** La arena usada para hacer especímenes de prueba deberá ser arena silíceica natural que se encuentre conforme los requisitos de la Especificación C778 para arena estándar graduada.

5. Procedimiento

A. Procedimiento para mezclar morteros

- i. Haga dos o tres especímenes de un lote de mortero para cada período de prueba o edad de prueba.

B. Preparación de los moldes de los especímenes

- i. Aplique una fina capa de desmoldante a las caras interiores del molde y placas base no absorbentes. Aplique aceites y grasas con un paño impregnado u otros medios adecuados. Limpie las caras del molde y la placa base con un paño, según sea necesario, para eliminar cualquier exceso de desmoldante y para lograr una capa delgada y uniforme en las superficies interiores. Cuando utilice un lubricante en aerosol, rocíe el desmoldante directamente sobre las caras del molde y la placa base desde una distancia de 150 a 200 mm para lograr una cobertura completa. Después de rociar, limpie la superficie con un paño según sea necesario para eliminar el exceso de lubricante en aerosol. El revestimiento del residuo debe ser suficiente para permitir distinguir que una huella dactilar permanezca después de una ligera presión del dedo. (Ver nota 5 de la norma).
- ii. Selle las superficies donde las mitades del molde se unen aplicando un recubrimiento de grasa como vaselina. La cantidad debe ser suficiente para que se distribuya ligeramente cuando las dos mitades se aprietan juntas. Retire cualquier exceso de grasa con un paño.
- iii. Después de colocar el molde en su placa base (y engancharlo, si es de tipo abrazadera), quite cuidadosamente con un paño seco el exceso de aceite o grasa de la superficie del molde y la placa base a la que se va a aplicar un sellador hermético. Como sellador, use parafina, cera micro cristalina o una mezcla que retenga el agua de mezcla al interior del recipiente. Efectúe un sellado hermético

mediante la aplicación del sellador en las líneas de contacto exteriores entre el molde y su placa base.

C. Composición de morteros

- i. Las proporciones de los materiales para el mortero estándar serán de una parte de cemento a 2.75 partes de arena normada en peso. Use una relación agua-cemento de 0.485 para todos los cementos portland y 0.460 para todos los cementos Portland con aire incluido. La cantidad de agua de mezcla para cementos que no sean Portland y portland con aire incluido debe ser tal que produzca un flujo de 110 ± 5 según se determina de acuerdo con 10.3 de la norma y se expresará como porcentaje en peso de cemento.
- ii. Las cantidades de materiales que se mezclarán de una vez en el lote de mortero para fabricar seis y nueve especímenes de prueba serán los siguientes:

Tabla 9. Cantidad de materiales para fabricar especímenes de mortero

Fuente: ASTM C109, 2002

	Number of Specimens	
	6	9
Cement, g	500	740
Sand, g	1375	2035
Water, mL		
Portland (0.485)	242	359
Air-entraining portland (0.460)	230	340
Other (to flow of 110 ± 5)

D. Preparación de los morteros (ASTM C305)

- i. Mezcle mecánicamente de acuerdo con el procedimiento dado en la Práctica ASTM C305.
- ii. Coloque las espas secas y el recipiente seco en la posición de mezcla en la mezcladora. A continuación, introduzca los materiales de un lote en el recipiente y mezcle de la siguiente manera:
 - (a) Coloque toda el agua de mezcla en el recipiente.

- (b) Agregue el cemento al agua; a continuación, inicie la mezcladora y mezcle a baja velocidad (140 ± 5 r/min) durante 30 s.
- (c) Agregue la cantidad completa de arena lentamente durante un período de 30 seg., mientras se mezcla a baja velocidad.
- (d) Detenga la mezcladora, cambie a velocidad media (285 ± 10 r/min) y mezcle durante 30 seg.
- (e) Pare la mezcladora y deje reposar el mortero durante 1.5 min. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, rápidamente raspe los costados hacia la mezcla cualquier mortero que pueda haberse acumulado o adherido en el costado del recipiente; luego, durante el resto de este intervalo, cubra el recipiente con una franela húmeda.
- (f) Finalizar mezclando durante 1 minuto a velocidad media (285 ± 10 r/min).

E. Elaboración de especímenes de prueba

- i. Inmediatamente, después de completar la prueba de flujo, devuelva el mortero de la mesa de flujo al recipiente de mezcla. Raspe rápidamente los lados del recipiente y transfiera a la mezcla el mortero que pudo haberse acumulado en el costado del recipiente y luego re mezcle todo el lote 15 s a velocidad media. Una vez completado, las espas mezcladoras deben sacudirse para eliminar el mortero adherido.
- ii. Cuando se debe realizar inmediatamente un lote duplicado para muestras adicionales, se puede omitir la prueba de flujo y se permite que el mortero permanezca en el recipiente 90 seg. sin cubrir. Durante los últimos 15 segundos de este intervalo, raspe rápidamente los lados del recipiente y transfiera a la mezcla el mortero que pudo haberse acumulado en el costado del recipiente. Luego re mezcle durante 15 seg. a velocidad media.

- iii. Comience a moldear los especímenes dentro de un tiempo total transcurrido de no más de 2 minutos y 30 segundos después de la finalización de la mezcla original del lote de mortero. Coloque una capa de mortero de aproximadamente 1 pulgada o [25 mm] (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos del cubo. Apisone el mortero en cada compartimento de cubo 32 veces en aproximadamente 10 s en 4 rondas, cada vuelta deberá ser en ángulo recto con respecto al otro y consta de ocho apisonamientos contiguos sobre la superficie de la muestra, como se ilustra en la Figure 4. Orden de apisonamiento para moldear especímenes cúbicos de prueba. La presión de apisonamiento será suficiente para garantizar el llenado uniforme de los moldes. Las 4 rondas de apisonamiento (32 golpes) del mortero se completarán en un cubo antes de pasar al siguiente. Cuando se completa el apisonamiento de la primera capa en todos los compartimentos, llene los compartimentos con el mortero restante y apisone según lo especificado para la primera capa. Durante el apisonamiento de la segunda capa, lleve el mortero expulsado por el hacia el interior del molde por medio de los dedos con guantes al finalizar cada ronda y antes de comenzar la siguiente ronda de apisonamiento. Al finalizar el apisonamiento, la parte superior de todos los cubos debe extenderse ligeramente por encima de la parte superior de los moldes. Enrase el mortero que se ha forzado a salir a la parte superior de los moldes con una paleta y alise los cubos con el lado plano de la paleta (con el borde anterior ligeramente elevado) ligeramente en la parte superior de cada cubo en ángulo recto con la longitud del molde. Luego, con el propósito de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale por encima del molde tenga un espesor más uniforme, alise los cubos en el otro sentido (con el borde anterior ligeramente elevado)

una vez a lo largo del molde. Corte el mortero de tal modo que quede una superficie plana al ras con la parte superior del molde usando la paleta (sostenido casi perpendicular al molde) con un movimiento de serrucho a lo largo del molde.

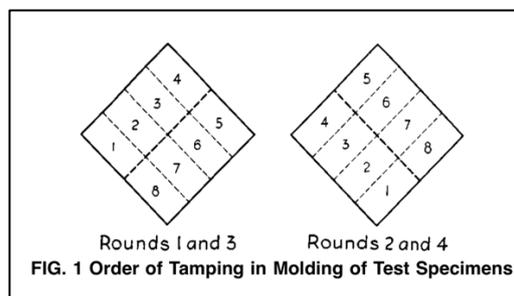


Figure 4. Orden de apisonamiento para moldear especímenes cúbicos de prueba

Fuente: ASTM C109, 2002

F. Almacenamiento de los especímenes de prueba

- i. Inmediatamente después de completar el moldeo, coloque las muestras de prueba en el armario húmedo o en la habitación húmeda. Mantenga todas las muestras de prueba, inmediatamente después del moldeo, en los moldes en las placas base en el armario húmedo o en la habitación húmeda de 20 a 72 h con sus superficies superiores expuestas al aire húmedo pero protegidas del agua que gotea. Si las muestras se retiran de los moldes antes de las 24 h, manténgalas en los estantes del armario húmedo o en la habitación húmeda hasta que tengan 24 horas de antigüedad, y luego sumerja las muestras, excepto las de la prueba de 24 horas, en cal saturada en agua en tanques de almacenamiento construidos con materiales no corrosivos. Mantenga el agua de almacenamiento limpia cambiando según sea necesario.

G. Determinación del esfuerzo a compresión

- i. Pruebe las muestras inmediatamente después de su extracción del armario húmedo en el caso de muestras de 24 h, y del agua de almacenamiento en el caso de todas las demás muestras. Todas las muestras de prueba para una edad

de ensayo determinada se romperán dentro de la tolerancia permisible prescrita de la siguiente manera:

Tabla 10. Tolerancia permitida dependiendo de la edad de las muestras de mortero

Fuente: ASTM C109, 2002

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	$\pm 1/2$ h
3 days	± 1 h
7 days	± 3 h
28 days	± 12 h

- ii. Limpie cada muestra a una condición de superficie seca, y elimine cualquier grano de arena suelta o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de la máquina de ensayo. Verifique estas caras utilizando una escuadra (ver nota 7 de la norma). Si hay una curvatura apreciable, pula la cara o las caras en superficies planas o descarte la muestra. Se debe realizar una verificación periódica del área de la sección transversal de las muestras.
- iii. Aplique la carga en una de las caras de los especímenes que estuvieron en contacto con una superficie plana del molde. Coloque con cuidado la muestra en la máquina de prueba debajo del centro del bloque de carga superior. Antes de la prueba de cada cubo, se debe determinar que el bloque de cabezal esférico se pueda inclinar libremente. No use materiales de amortiguamiento o acolchados. Coloque el bloque de carga superior en contacto uniforme con la superficie de la muestra. Aplique la tasa de carga a una velocidad relativa de movimiento entre las placas superior e inferior correspondiente a una carga en la muestra con un rango de 200 a 400 lbs / s [900 a 1800 N / s]. Obtenga esta tasa de movimiento designada de la placa durante la primera mitad de la carga máxima prevista y no realice ningún ajuste en la velocidad de movimiento de la placa en la segunda mitad del período de la carga, especialmente mientras el cubo se encuentre cediendo antes de la falla.

- iv. Reporte los valores obtenidos, realice los cálculos y reporte los valores, todo lo cual según lo especifica la norma.

6. Cálculos

- Los cálculos se encuentran detallados en el documento ficha adjunto.
- El resultado de resistencia a compresión (fm) se lo reporta al los 0.1 MPa más cercanos.

7. Recomendaciones

- En el momento de llenar los moldes con el mortero, no utilizar la mano como instrumento para mover el material. Usar una espátula para que el material no se segregue.
- En caso de no existir un cuarto de curado, se deben dejar los moldes con mortero en un lugar cuya temperatura permanezca estable dentro del rango de 16°C hasta 27°C.

Ficha ASTM C305/309

Método estándar para la elaboración y ensayo a compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 50 mm.)

1. Registre los siguientes datos:

Número/Datos del cubo		
Edad	Días	
Promedio de 3 medidas del área superior cargada (A)	mm ²	
Carga máxima aplicada sobre el cubo (P)	KN.	
Resistencia a la compresión (fm) (Aproximado a los 0.1 MPa) más cercanos	MPa.	

2. Cálculos:

$$fm = \frac{P}{A} [MPa.]$$

En donde:

P – Carga máxima total [N.]

A – Área de la superficie cargada [mm².]

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

3.8 ASTM C469 – Método estándar para determinar el módulo de elasticidad de una muestra de hormigón a compresión

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C469

1. Alcance

- Esta prueba cubre el procedimiento para determinar el módulo de elasticidad (Módulo de Young) en una muestra cilíndrica de hormigón.

2. Referencias

- ASTM C469 - Método estándar para determinar el módulo de elasticidad de una muestra de hormigón a compresión.
- ASTM C31 - Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto.
- ASTM C42 - Método estándar para la extracción y prueba de núcleos de hormigón.

3. Objetivos

- a) Determinar el módulo de Young en un rango entre 0% y 40% de la resistencia última a la compresión de los cilindros.
- b) Analizar los resultados encontrados.

4. Equipos y Calibración

- a) **Máquina de Prueba:** Capaz de imponer una carga constante en un rango de 250 ± 50 KPa/s.
- b) **Compresiómetro:** Para determinar el módulo de elasticidad se requiere de un dispositivo que mida, a la 5 millonésima más cercana, el promedio calculado de la deformación que muestren dos medidores situados en los dos ejes del espécimen de hormigón.

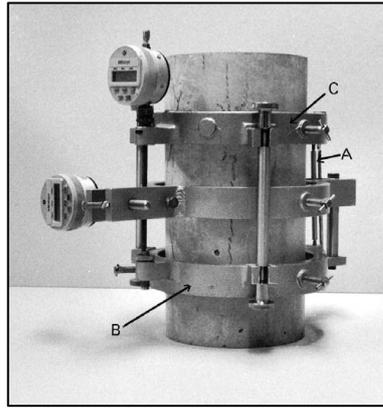


Figure 5. Compresiómetro

Fuente. ASTM C469, 2014

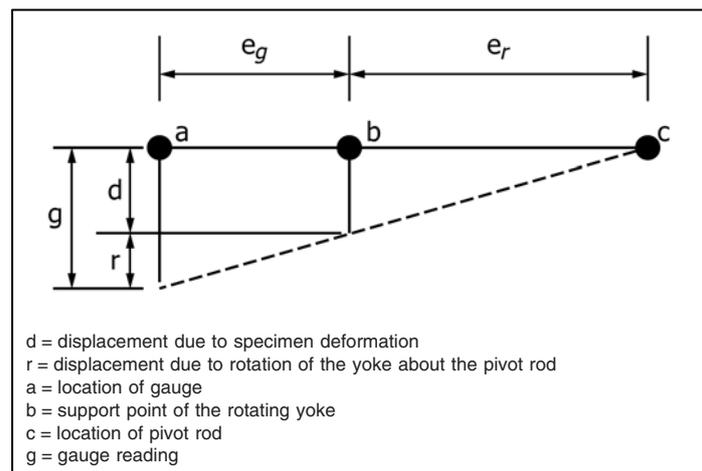


Figure 6. Diagrama de desplazamientos para ensayo ASTM C469

Fuente. ASTM C469, 2014

- c) **Especímenes:** Cilindros de hormigón que cumplan los requisitos de la norma ASTM C31. En el caso de núcleos de hormigón extraídos, estos deben cumplir los requisitos de la norma ASTM C42.

NOTAS:

- Una vez que los especímenes de hormigón fueron removidos de la piscina de curado es recomendable que los mismos se encuentren cubiertos por una toalla o trapo húmedo hasta realizar cualquier tipo de ensayo.

5. Procedimiento

A. Armado de compresiómetro

- i. Tomar la medida entre los extremos con una regla metálica ubicados en interior del compresiómetro, y restar de la altura total del cilindro. El resultado obtenido se lo divide para dos y el valor obtenido servirá para marcar el cilindro.

NOTAS:

- Se busca que el compresiómetro se encuentre firmemente ajustado sobre los puntos marcados.

B. Colocación de cilindro

- C. Colocar los especímenes cilíndricos dentro de la máquina de prueba. Estos deben encontrarse con el compresiómetro adjunto.

NOTAS.

- Las muestras de hormigón deben encontrarse alineadas con el centro de empuje de la máquina de prueba

D. Configuración y aplicación de carga

- i. Cargar el espécimen cilíndrico por lo menos tres veces.

NOTAS.

-No se registra los datos para la primera carga debido a que esta primera prueba sirve de prueba. Además de eso, se realiza cualquier tipo de calibración de ser necesario.

- ii. Configurar la máquina de prueba para que aplique una carga constante de 250 ± 50 KPa/s.

NOTAS.

- La carga máxima que se aplica a los especímenes de hormigón debe ser el 40% de la carga última que soporta la muestra.
- iii. Observar el comportamiento de los medidores del compresiómetro durante la primera prueba con la finalidad de realizar cualquier cambio, si es necesario, y que no existan interferencias en la toma de datos de la tercera prueba.

- iv. Registrar datos en dos instantes importantes:
- 1 Registrar la carga aplicada y la tensión cuando el medidor muestra 50 microcintas.
 - 2 Registrar la tensión cuando se alcanza el 40% de la resistencia última.

NOTAS.

- Para cualquier registro de datos observar la ficha correspondiente.

6. Cálculos

- Los cálculos se encuentran detallados en el documento ficha adjunto.
- El módulo de elasticidad (E) se lo redondea a los 200 MPa. más cercanos.

7. Recomendaciones

- Tener extremo cuidado al momento de manipular el compresiómetro ya que este se puede desarmar con facilidad.
- Este ensayo sólo permite el uso de especímenes cilíndricos de hormigón que tienen un diámetro de 150 mm. y una longitud de 300 mm.

Ficha ASTM C469

Método estándar para determinar el módulo de elasticidad de una muestra de hormigón a compresión.

1. Registre los siguientes datos:

Hora de Inicio de Ensayo	Hora - Minuto	
Resistencia última	Mpa	
40% de Resistencia última	Mpa	
Promedio de 3 medidas del diámetro del cilindro	mm	
Promedio de 3 medidas de la altura del cilindro	mm	
Peso del Cilindro	Gr. / KGr.	
Edad del Espécimen	Días	
(1) Carga cuando el medidor muestra 50 microcintas	MPa	
(1) Tensión cuando cuando el medidor muestra 50 microcintas		
(2) Tensión cuando se alcanza el 40% de la Resistencia última		
Módulo de Elasticidad (E)	MPa	

2. Cálculos

NOTAS:

- Revisar nomenclatura de notas utilizada en la parte de cálculos de la guía de ensayo correspondiente a esta ficha.

Módulo de elasticidad (E)

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{\varepsilon_2 - 0.000050} [MPa.]$$

En donde:

S_2 – Esfuerzo obtenido al 40% de la carga última.

S_1 – Esfuerzo correspondiente a la tensión longitudinal. [ε_1]

ε_2 – Tensión producida por el esfuerzo S_2 .

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

3.9 ASTM C173 – Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método volumétrico

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C173

1. Alcance

- El siguiente método de prueba cubre el proceso para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de hormigón que contiene cualesquiera de los siguientes tipos de agregados: liviano, escoria enfriada por aire o agregado altamente poroso.

2. Referencias

- ASTM C173 - Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método volumétrico.

3. Objetivos

- a) Comprender la norma ASTM C173 para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla de hormigón.

NOTAS:

- El resultado obtenido representa el mismo contenido de aire obtenido por cualquiera de los otros dos métodos de contenido de aire.
- b) Comprender la importancia de los materiales, en especial el alcohol isopropílico, dentro del proceso de determinación del contenido de aire.

4. Equipos y Calibración

- a) **Medidor de Aire.** El medidor de aire está compuesto de tres elementos que son:
 - (a) Tazón de medición graduado
 - (b) Abrazadera
 - (c) Tapa superior del medidor de aire

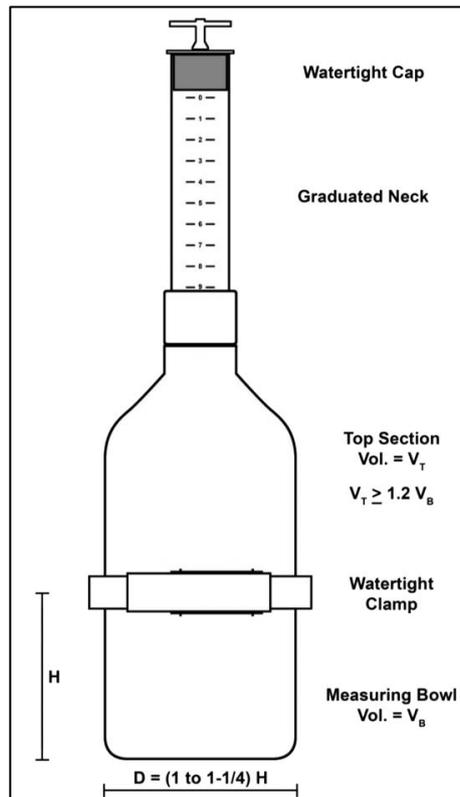


Figure 7. Medidor de aire descrito en la norma ASTM C173

Fuente. ASTM C173, 2016

b) **Embudo**

c) **Alcohol isopropílico.** Ayuda a reducir el nivel de espuma producido en los movimientos de agitado del ensayo.

d) **Regla o platina**

e) **Jeringa.**

f) **Cucharón.** De tamaño suficiente grande que permita tomar muestras representativas y suficientemente pequeña para no causar derrames en el momento de llenar el molde.

g) **Varilla compactadora.** Debe ser una varilla redonda en ambos extremos, lisa y de acero con un diámetro de 16 ± 2 mm. Su longitud debe ser al menos 100 mm. más grande que la profundidad del molde.

h) **Mazo con cabeza de goma.** Con un peso aproximado de 600 ± 200 gramos.

5. Procedimiento

A. **Colocación del hormigón**

- i. Humedecer el tazón de medición y todos los materiales a utilizar. Tener cuidado que no exista un exceso causando superficies brillantes.
- ii. Rellenar el tazón de medición en dos capas de hormigón de igual volumen. Cada capa debe ser varillada un total de 25 veces de manera uniforme. Procurar no tocar el fondo del tazón de medición.

NOTAS:

- Durante el varillado de la segunda capa se debe lograr que la varilla penetre 25 mm. de la primera capa.
- iii. Utilizar el mazo con cabeza de goma para golpear el tazón de 10 a 15 veces con la finalidad de cerrar los vacíos de aire liberando las burbujas internas.

NOTAS:

- Se recomienda que los golpes del mazo se distribuyan en forma de cruz.
- Al finalizar los últimos golpes, es aceptable colocar una capa extra aproximadamente de 3 mm. de hormigón.
- iv. Realizar proceso de enrazado para quitar el exceso de hormigón y limpiar los bordes del recipiente para que la tapa superior del medidor de aire pueda empatare sin ningún problema.

B. Colocación de agua

- i. Humedecer el interior de la tapa superior y se empata la misma al tazón de hormigón. De igual se humedece la junta que unirá a las dos partes.
- ii. Insertar el embudo y colocar 0,5 litros de agua.
- iii. Añadir el alcohol isopropílico.

NOTAS:

- La adición de alcohol isopropílico ayuda a que la lectura del medidor se estabilice y la cantidad a colocar dependerá de la cantidad de cemento que se usa. Dado que muchos

concretos realizados requieren menos de 300 kg/cm^3 de cemento, se coloca alrededor de 0,2 litros de alcohol.

- iv. Retirar el embudo y colocar una cantidad adicional de agua hasta que el medidor marque el cero del cuello graduado. Usar la jeringa para corregir la cantidad colocada.

NOTAS:

- Es necesario que el cero de la escala coincida con el menisco de la superficie del agua.
- v. Sellar el instrumento colocando la tapa superior, la misma que es sellada con fuerza.

C. Desplazamiento del volumen de aire

- i. Comenzar el proceso de agitado en el cual el equipo es invertido por un periodo no superior a cinco segundos y posteriormente se lo agita de manera horizontal. El agitado se lo repite por un lapso no menor a 45 segundos.
- ii. Colocar al aparato sobre una superficie plana para realizar el movimiento de rodadura. Debe existir un ángulo de 45° entre el equipo y la superficie. Esta serie de movimientos ayudan a que el agua y al alcohol llenen los espacios desocupados por el aire.

NOTAS:

- El movimiento de rodadura debe durar por lo menos un minuto y su giro debe ser entre $1/4$ y $1/2$ de vuelta hacia delante y hacia atrás.
- No debe existir ningún tipo de derrame de la mezcla dentro del aparato. De ser así, la prueba es invalidada.

- iii. Ubicar al equipo de forma vertical, se retira la tapa superior y se espera a que el líquido dentro del cuello graduado se estabilice; es decir que el dato que marque el medidor no varíe más de 0,25% en dos minutos.

NOTAS:

- Si el líquido requiere más de seis minutos para estabilizarse o si existe un porcentaje mayor al 2% de espuma, se descarta la prueba y se procede con un nuevo ensayo que contenga mayor cantidad de alcohol.
- iv. Tomar la lectura del menisco al 0,25% más cercano. Este dato será la lectura inicial.

NOTAS:

- En el caso que exista más del 9% de aire, se coloca un suficiente número de copas de agua calibradas hasta que el líquido se encuentre en el rango. Es importante considerar el número de copas colocadas (W).

D. Confirmación de la lectura inicial

- i. Obtener la lectura inicial. Para esto se sella de nuevo la parte superior del instrumento y se realiza el movimiento de rodadura de nuevo por un periodo de 1 minuto.
- ii. Colocar al equipo de forma vertical y se espera a que el líquido dentro del cuello graduado se estabilice.
- iii. Tomar la lectura del menisco al 0,25% más cercano. Esta lectura no debe diferir en más de un 0,25% a la lectura inicial. De ser así, la lectura tomada será la lectura final (A_R).

NOTAS:

- Si el porcentaje de aire varió en más de 0,25% en comparación a la lectura inicial, se tomará esta última lectura como una nueva lectura inicial y se procederá a hacer el movimiento de rodadura por 1 minuto una vez más. Luego de esperar que el líquido se estabilice y que la lectura no sea mayor en un 0,25% que la nueva lectura inicial, se toma esta última como lectura final (A_R).

- Si la diferencia entre lecturas difiere en más del 0,25%, se descarta esta prueba.
- iv. Descargar el líquido del equipo y desarmarlo. Se verifica que toda la mezcla dentro del tazón haya sido alterada por el líquido colocado; caso contrario, el ensayo será descartado.

6. Recomendaciones

- Para esta prueba, de no existir suficiente alcohol propílico, se puede sustituir el mismo por alcohol industrial.
- El contenido de aire para hormigón endurecido puede ser mayor o menor que dato obtenido por medio de esta práctica debido a los distintos esfuerzos de consolidación.
- En caso de requerir más información sobre el proceso de este ensayo, se puede seguir el diagrama de flujo (Sec. X1.1) dentro de la norma ASTM C173.

Ficha ASTM C173

Método estándar para determinar el contenido de aire de una mezcla fresca de concreto por el método volumétrico.

1. Registrar los siguientes datos

Temperatura	°C	
Consistencia visual (muestra)	Húmeda, Semi-seca, Seca	

2. Cálculos

Contenido de aire (A) corregido:

$$A = A_R - C * W \text{ [%]}$$

En donde:

$$A_R - \text{Lectura Final [%]}$$

C– Factor de corrección. Revisar Tabla 11. Factores de corrección (C) para norma ASTM

C173

W– Número de copas extra de agua colocadas. (Revisar sección C del proceso de la guía)

Tabla 11. Factores de corrección (C) para norma ASTM C173

Fuente. ASTM C173, 2016

70 % Isopropyl Alcohol Used		Litres	Correction, % ^A
Pints	Fluid Ounces		
≤ 2.0	≤ 32	≤ 1.0	0.0 ^B
3.0	48	1.5	0.25
4.0	64	2.0	0.50
5.0	80	2.5	0.75

^A Subtract from final meter reading.
^B Corrections are applied only when 1.25 L [2.5 pt] or more of isopropyl alcohol is used. The values given are for air meters that have a measuring bowl volume of 2.1 L [0.075 ft³] and a top section that is 1.2 times the volume of the measuring bowl.

Contenido de aire (A) corregido	[%]	
--	-----	--

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

3.10 ASTM C231 – Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método de presión

Universidad San Francisco de Quito

Guía de Ensayo para Laboratorio de Materiales

ASTM C231

1. Alcance

- El siguiente método de prueba cubre el procedimiento para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla de hormigón a partir de observar un cambio en el volumen de la muestra luego de que exista un cambio en el indicador de presión.

2. Referencias

- ASTM C231 - Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método de presión.

3. Objetivos

- a) Comprender la Norma ASTM C231 con la finalidad de utilizar correctamente el Medidor Tipo B como instrumento que marcará el contenido de aire.

NOTAS.

- El resultado obtenido representa el mismo contenido de aire obtenido por cualquiera de los otros dos métodos de contenido de aire.

4. Equipos y Calibración

- a) **Medidor de Aire.** Medidor de tipo B

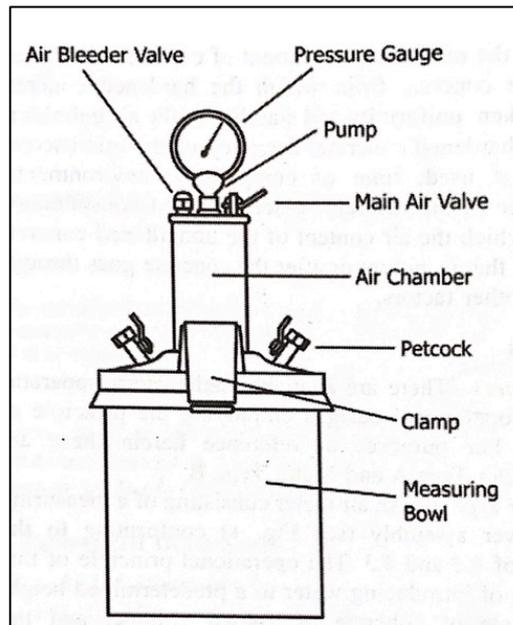


Figure 8. Diagrama esquemático de medidor tipo B

Fuente. ASTM C231, 2017

- b) **Tazón de medición.** Debe tener una forma cilíndrica y debe estar hecho de acero o algún metal resistente al contacto con el cemento. Debe tener un diámetro máximo igual a 0.75 veces su altura.
- c) **Varilla compactadora.** Debe ser una varilla redonda en ambos extremos, lisa y de acero con un diámetro de 16 ± 2 mm. Su longitud debe ser al menos 100 mm. más grande que la profundidad del molde.
- d) **Platina.** Superficie rectangular de acrílico con un grosor de al menos 13 mm. y un largo y ancho de al menos 50 mm.
- e) **Jeringa**
- f) **Cucharón.** De tamaño suficiente grande que permita tomar muestras representativas y suficientemente pequeña para no causar derrames en el momento de llenar el molde.
- g) **Mazo con cabeza de goma.** Con un peso aproximado de 600 ± 200 gramos.

NOTAS:

- La presente norma permite el uso de vibradores en lugar de apisonamientos por varillado. No obstante, por fines prácticos, no se procederá a usar algún tipo de vibrador.

5. Procedimiento

A. Colocación de hormigón

- i. Humedecer el tazón de medición y todos los materiales a utilizar. Tener cuidado que no exista un exceso causando superficies brillantes.
- ii. Rellenar el tazón de medición en tres capas de hormigón de igual volumen. Cada capa debe ser varillada un total de 25 veces de manera uniforme. Procurar no tocar el fondo del tazón de medición.

NOTAS:

- Durante el varillado de la segunda capa y tercera capa, se debe lograr que la varilla penetre 25mm de las capas inferiores.
- iii. Utilizar el mazo con cabeza de goma para golpear el tazón de 10 a 15 veces con la finalidad de cerrar los vacíos de aire liberando las burbujas internas.

NOTAS:

- Se recomienda que los golpes del mazo se distribuyan en forma de cruz.
- Al finalizar los últimos golpes, es aceptable colocar una capa aproximadamente de 3mm de hormigón.
- iv. Realizar proceso de enrazado utilizando la platina para quitar el exceso de hormigón.

NOTAS:

- El movimiento que se realiza con platina es un movimiento de razado. Se debe colocar la platina de acrílico de tal manera que cubra aproximadamente $2/3$ de la parte superior del tazón y se procede a realizar el movimiento de razado hacia atrás. Posteriormente,

se coloca la platina otra vez, cubriendo 2/3 de la parte superior, y se procede a realizar el movimiento de razado hacia delante.

- v. Limpiar los bordes del recipiente para que el medidor de aire pueda empatar sin ningún problema.

B. Ensamble del medidor Tipo B sobre el tazón de medición

- i. Humedecer la parte inferior de Medidor Tipo B y se lo coloca sobre el tazón de medición de hormigón.

NOTAS:

- Se debe verificar que el medidor tenga cerrada la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón de medición. El medidor no debe tener aire acumulado en su cámara.
- El medidor Tipo B se debe encontrar con las dos llaves de purga abiertas.

- ii. Empatar el medidor y el tazón de medición por medio de cerrar los seguros de medidor.

NOTAS:

- Se recomienda cerrar los seguros del medidor en forma de cruz.

C. Colocación de agua e inducción de presión

- i. Una vez que el medidor y el tazón de medición se encuentran empataados, con la ayuda de la jeringa se vierte agua a una de las llaves de purga hasta que se observe que exista una pequeña fuga estable de agua por la llave de purga opuesta.

NOTAS:

- Luego de ver la fuga de agua, se sacude gentilmente al medidor para liberar el aire interno.
- ii. Bombear aire a la cámara hasta que el indicador del medidor de aire marque cero.

NOTAS:

- Se recomienda golpear ligeramente el medidor de aire, de preferencia con los dedos de la mano, para estabilizar el indicador.
- Para tener una aproximación más cercana al cero del medidor se puede abrir gentilmente la llave de la cámara de aire.
 - iii. Cerrar las dos llaves de purga.
 - iv. Abrir la válvula principal de aire mientras se golpea firmemente los bordes del tazón de medición utilizando el mazo con cabeza de goma.
 - v. Obtener la medida del porcentaje de aire que marca el medidor.

NOTAS:

- Golpear gentilmente el medidor de aire utilizando el dedo para estabilizar la medida del indicador.
- El porcentaje de aire registrado se lo aproxima al 0.1% más cercano si el contenido de aire es menor al 8%. En el caso de ser mayor, se lo aproxima al 0.5% más cercano.

D. Desarmado

- i. Abrir las dos llaves de purga.

NOTAS:

- Las llaves de purga se deben abrir suavemente y procurar tapar las llaves para evitar una excesiva expulsión de agua.
 - ii. Retirar los seguros del medidor y desechar la muestra.

6. Recomendaciones

- A lo largo de esta prueba debe existir mucho cuidado con el armado y desarmado de los materiales con la finalidad que no ingrese hormigón a la cámara de aire del medidor.
- El contenido de aire para hormigón endurecido puede ser mayor o menor que dato obtenido por medio de esta práctica debido a los distintos esfuerzos de consolidación.

Ficha ASTM C231

Método estándar para determinar el contenido de aire dentro de una mezcla fresca de concreto por el método de presión.

1. Registrar los siguientes datos.

Consistencia visual (muestra)	Húmeda, Semi-seca, Seca	

2. Cálculos.**Contenido de aire (A_s)**

$$A_s = A_1 - G \text{ [%]}$$

En donde:

A_1 – Contenido de aire que indica el Medidor Tipo B [%]

G – factor de corrección (G) es igual a la lectura registrada del contenido de aire (A_1) menos el volumen de agua removido del tazón de medición. Queda expresado como un porcentaje del volumen total del tazón. [%]

Lectura del Medidor de Aire (A_1)	%	
Factor de Corrección de Agregado (G)	%	
Contenido de Aire (A_s)	%	

Observaciones:

Nombre - Firma del responsable - Fecha

CONCLUSIONES

El trabajo de titulación realizado es un manual que tiene como finalidad aportar en el entendimiento y ejecución de 10 normativas ASTM, para lo cual se realizaron una serie de guías, fichas y videos, que sirvan como material suplementario al momento de realizar ensayos que ayuden a determinar el estado de compuestos hechos con cemento. El manual desarrollado busca ser un material de apoyo que facilite la capacidad de interpretar los resultados obtenidos para evaluar muestras de concreto, o mortero, y dar un criterio de aceptación de dichos especímenes. Este tipo de material adicional resulta ser de gran importancia debido a que logran complementar las normativas publicadas por ASTM; además de ayudar a tener un mejor entendimiento de estas. Este tipo de trabajos también sirven como material de capacitación para gente que quiera certificarse en distintos programas organizados por el *American Concrete Institute* (ACI); como, por ejemplo, la certificación en Técnico en Ensayos al Hormigón en Obra Grado – 1.

Finalmente, es justo mencionar que todo el material realizado fue en base a los equipos y materiales que se encuentran a disponibilidad de uso en el Laboratorio de Hormigones de la USFQ.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM. (2002). *C-109. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2002). *C-305. Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2003). *C-39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2014). *C-1231. Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2014). *C-469. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2015). *C-143. Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2015). *C-617. Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2016). *C-173. Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2017). *C-1064. Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2017). *C-231. Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM. (2018). *C-31. Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*. West Conshohocken: ASTM International.