



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRAULICO	1

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo: SEXTO	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS			
Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Gr	450
Materiales y Consumibles		Unidad	Cantidad
Equipos y Accesorios		unidad	Cantidad



Balanza o báscula con aproximación a 0,1 g o al 0,1 %	Unidad	1
Probetas deben estar graduadas de 200 ml o 250 ml de capacidad	Unidad	1
Aparato de Vicat	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Mezclador de cemento (si hay en laboratorio)	Unidad	1
Balde	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar la consistencia normal del cemento hidráulico utilizando el aparato de Vicat.



Específicos:

- Determinar la cantidad de agua requerida para preparar las pastas de cemento hidráulico para el ensayo.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPCÍMENES DE CONCRETO.

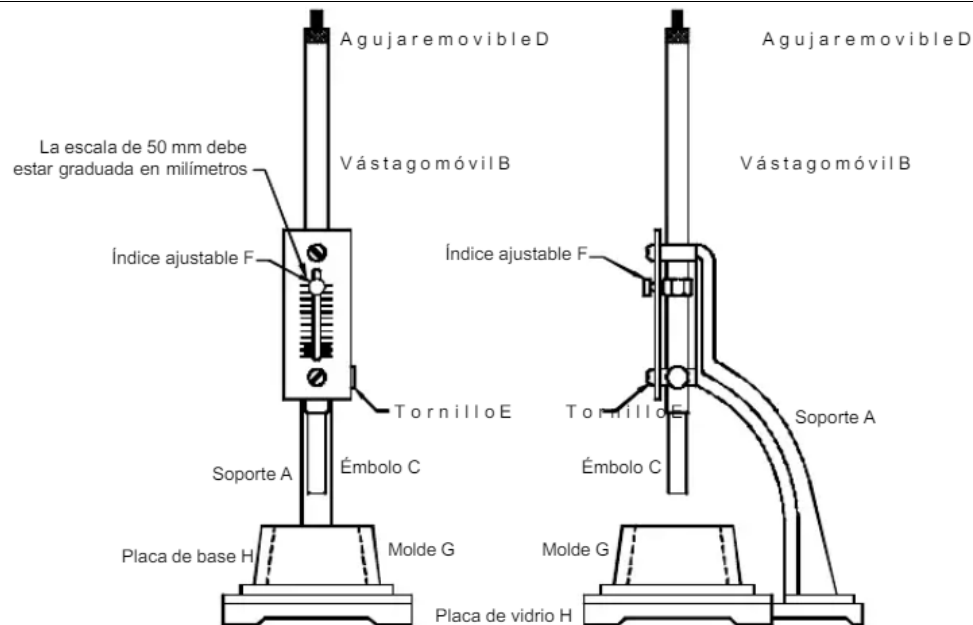
MARCO TEORICO

Se mezclan 650 gr de cemento con una determinada cantidad de agua limpia de acuerdo con el procedimiento descrito en la NTC 112. El agua debe estar de acuerdo a los requisitos de la especificación ASTM D1193 para reactividad tipo III o tipo IV.

Parámetro	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Conductividad eléctrica Max. ($\mu\text{S}/\text{cm}$ @ 25°C)	0,056	1,0	4,0	5,0
Resistividad eléctrica Min. ($\text{M}\Omega\text{-cm}$ @ 25°C)	18,2	1,0	0,25	0,2
pH a 25°C	-	-	-	5,0 - 8,0
TOC máx. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	10	50	200	Sin límite
Sodio máx. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1	5	10	50
Sílice max. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	3	3	500	Sin límite
Cloro max. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1	5	10	50

LLENADO DE MOLDES

La pasta de cemento preparada se moldea rápidamente con las manos con el empleo de guantes de caucho para darle forma de bola. Luego se lanza seis veces de una mano a otra a través de una distancia de unos 150 mm con el fin de producir una masa aproximadamente esférica que puede insertarse fácilmente dentro del molde de Vicat y minimizar la manipulación adicional. Se presiona la bola, que permanece en la palma de una mano, dentro de la base mayor del molde cónico (G) (véase figura 1), el cual está sostenido con la otra mano, hasta llenar completamente el anillo con la pasta. Luego se remueve el exceso de ésta de la base mayor, con un solo movimiento de la palma de la mano. Se coloca el anillo con su base mayor sobre la placa de base (H) y con la ayuda de un palustre inclinado levemente con respecto al anillo, se quita el exceso de pasta de la base menor con un solo movimiento. Finalmente, si es necesario, se suaviza la superficie de la pasta con ayuda del palustre. Durante estas operaciones se debe tener cuidado de no comprimir la pasta.



Fuente: Norma técnica colombiana (NTC110)

DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA

El conjunto constituido por la placa de base, la pasta y el molde se lleva al equipo y se centra debajo del vástago (B) (véase la figura 1), se hace descender el embolo hasta que haga contacto con la superficie de la pasta y se fija en esta posición por medio del tornillo (E). Se desplaza el índice hasta que coincida con el cero superior o con una lectura inicial y se suelta inmediatamente. Este periodo no debe exceder los 30 s después de finalizar el mezclado. El equipo no debe estar sometido a ningún tipo de vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene Consistencia normal cuando el embolo penetra $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$ en la superficie original 30 s después de haber sido soltado. Se debe repetir el ensayo nuevamente, variado la cantidad de agua, hasta obtener la consistencia normal. En cada repetición se debe emplear cemento fresco.

CALCULOS

Para calcular la cantidad de agua requerida para obtener una pasta de cemento con una consistencia normal, se debe dividir la masa de agua por la masa de cemento seco expresada como un porcentaje. Calcula la relación entre masas con una aproximación de 0.1% y se debe expresar con aproximación de 0.5 % del peso del cemento seco.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado.
- Determine los datos y resultados obtenidos
- Concluya



FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA # 110. Método para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico.



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO	1.2

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS			
Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Gramos	650
Materiales y Consumibles		Unidad	Cantidad
Equipos y Accesorios		unidad	Cantidad



Balanza o báscula con aproximación a 0,1 g o al 0,1 %	Unidad	1
Probetas deben estar graduadas de 200 ml o 250 ml de capacidad	Unidad	1
Aparato de Vicat	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Mezclador	Unidad	1
Humificador	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de nitrilo o latex	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar los tiempos de fraguado del cemento hidráulico utilizando el aparato de Vicat.



Específicos:

- Determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPCÍMENES DE CONCRETO.

MARCO TEORICO

PREPARACIÓN DE LA PASTA DE CEMENTO

Se mezclan 650 gramos de cemento con el porcentaje de agua de amasado requerido para la consistencia normal, siguiendo el procedimiento descrito en la NTC 110 (ASTM C 187) y en la NTC 112 (ASTM C 305).

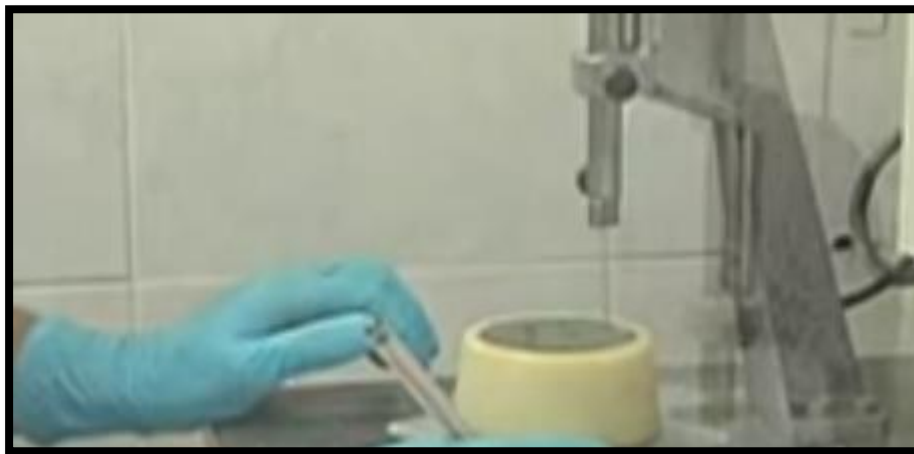
La pasta de cemento preparada se moldea rápidamente con las manos con el empleo de guantes de caucho para darle forma de bola. Luego se lanza seis veces de una mano a otra a través de una distancia de unos 150 mm con el fin de producir una masa aproximadamente estética que puede insertarse fácilmente dentro del molde de Vicat y minimizar la manipulación adicional. Se presiona la bola, que permanece en la palma de una mano, dentro de la base mayor del molde cónico (G) (véase figura 1), el cual esta sostenido con la otra mano, hasta llenar completamente el anillo con la pasta. Luego se remueve el exceso de esta de la base mayor, con un solo movimiento de la palma de la mano. Se coloca el anillo con su base mayor sobre la placa de base (H) y con la ayuda de un palustre inclinado levemente con respecto al anillo, se quita el exceso de pasta de la base menor con un solo movimiento. Finalmente, si es necesario, se suaviza la superficie de la pasta con ayuda del palustre. Durante estas operaciones se debe tener cuidado de no comprimir la pasta. Inmediatamente después de terminado el moldeo, debe colocarse el espécimen en la cámara húmeda, de donde debe sacarse únicamente para las determinaciones de tiempo de fraguado. El espécimen debe permanecer en el molde, soportando por la placa (H, durante todo el período de ensayo).

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO

El espécimen usado para determinar el tiempo de fraguado debe mantenerse dentro de la cámara húmeda durante 30 minutos después del modelo sin que sufra ninguna alteración. Debe determinarse la penetración de la aguja de 1 mm en este instante y luego debe repetirse cada 15 minutos (para cementos tipo 3 debe repetirse cada 10 minutos) hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos. Para el ensayo de penetración debe hacerse descender la aguja (D) del vástago (B) hasta que su extremo haga contacto con la superficie de la pasta de cemento. Debe apretarse el tornillo de sujeción (E) y ajustarse el índice (F), en el extremo superior de la escala o anotarse una lectura inicial. Se suelta el vástago rápidamente aflojando el tornillo de sujeción (E) y se deja que la aguja penetre durante 30 segundos, momento en el cual debe tomarse la lectura para determinar la penetración. Si durante las primeras lecturas la pasta se mantiene blanda, el descenso del vástago se puede hacer lentamente para evitar la deformación de la aguja de 1mm, pero las determinaciones de penetración para el tiempo de fraguado se deben hacer aflojando el tornillo. Las penetraciones deben estar separadas por lo menos 5 mm entre sí y 10 mm del borde interior del molde. Se anotan los registros de todas las penetraciones y por interpolación se determina el tiempo obtenido para una correspondiente a 25 mm, el cual indica



el tiempo de fraguado inicial. El tiempo de fraguado final se toma cuando la aguja no deja marca visible sobre el espécimen.



Fuente: ARGOS

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado.
- Determine una gráfica en el tiempo con los datos obtenidos
- Determine el tiempo de fraguado a partir de la grafica
- Concluya

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NORMA TECNICA COLOMBIANA # 118. Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante el aparato de Vicat.



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FLUIDEZ DEL CEMENTO HIDRAULICO	1.3

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS			
Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	650
Agua		lt	-
Materiales y Consumibles		Unidad	Cantidad
Equipos y Accesorios		unidad	Cantidad



Mesa de flujo	Unidad	1
Montaje de la mesa de flujo	Unidad	1
Molde	Unidad	1
Calibrador o regla de acero	Unidad	1
Compactador de caucho	Unidad	1
Balanza con precisión al gramo	Unidad	1
Espátula	Unidad	1
Bandeja de acero	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de nitrilo o látex	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico, utilizando la mesa de flujo.



Específicos:

- Determinar la fluidez del cemento hidráulico.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPCÍMENES DE CONCRETO.

MARCO TEORICO

1. EQUIPO

- 1.1** *Mesa de flujo* – Se trata de una mesa como se muestra en la Figura 1 y consta en esencia de lo siguiente: un soporte, un árbol y una plataforma circular.

La plataforma o mesa (Figura 2) será circular de 255 ± 2.5 mm (10 ± 0.1 ") de diámetro y 7.62 mm (0.3") de espesor; debe ser de bronce o latón de dureza Rockwell no menor de 25 HRB y debe tener en la cara inferior 6 nervios integrales de refuerzo, dispuestos radialmente. La cara superior debe ser plana, pulida y libre de defectos superficiales.

La plataforma o mesa deberá tener ocho líneas marcadas equidistantes de 68 mm ($2 \frac{5}{8}$ ") de largo, extendiéndose desde la parte exterior de la circunferencia hacia el centro de la plataforma. Cada línea deberá terminar en un arco marcado de 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") de largo, cuyo centro es el centro de la plataforma con un radio de 59.5mm ($2 \frac{3}{8}$ "). Las líneas marcadas deberán ser hechas con una herramienta de 60 grados a una profundidad de 0.25mm (0.01").

La plataforma o mesa y el árbol sujeto a ésta deberá tener una masa de 4.08 ± 0.05 kg (9 ± 0.1 lb) y la masa deberá ser simétrica alrededor del centro del árbol.

El árbol es un elemento que va unido perpendicularmente al centro de la plataforma por medio de una rosca, y que a su vez se montará rígidamente en el soporte, de tal forma que pueda bajar y subir verticalmente por medio de una leva rotativa, dentro de una altura especificada de 12.7 ± 0.13 mm (0.500 ± 0.005 "), para mesas nuevas, y de 12.7 ± 0.38 mm (0.500 ± 0.015 ") para mesas en uso.

La leva y el árbol (Figura 2) deben ser de acero semiduro; el acero del árbol debe ser endurecido por templado. El árbol debe ser recto. La tolerancia entre el diámetro del cilindro del soporte y el árbol, estará comprendida entre 0.05 y 0.08 mm (0.002" y 0.003") para mesas nuevas, y entre 0.05 y 0.25 mm (0.002 y 0.010") para mesas usadas. La leva debe tener forma de espiral, con un radio que aumenta uniformemente de 13 a 32 mm ($\frac{1}{2}$ " a $\frac{11}{4}$ ") en 360 grados. El extremo del árbol no debe golpear la leva en el punto de caída, debe hacer contacto con ésta suavemente antes de 120 grados, contados a partir de dicho punto. La leva y el árbol deben diseñarse en tal forma que la plataforma no rote más de una vuelta en 25 caídas. Las superficies de la cara superior del soporte y del resalte del árbol, deben hacer contacto perfecto en el momento de la caída de la plataforma; para esto, se deben mantener pulidas, planas y paralelas a la cara superior de la mesa.

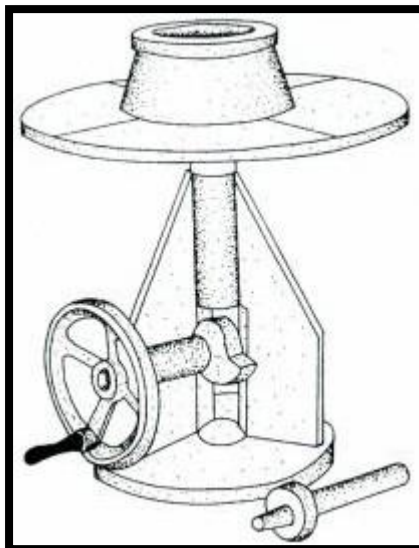


Figura 1. Mesa de flujo

El soporte debe ser de hierro fundido de grano fino de alta calidad y debe tener tres (3) nervios integrales de refuerzo a lo largo de toda la altura, separados 120° grados. Un mínimo de 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") de la cara superior del soporte, se debe endurecer por templado. (Ver Figura 3).

La mesa de flujo debe ser accionada por un motor A40W (1/20 HP) como mínimo, conectado al eje de la leva por medio de un engranaje helicoidal blindado, que reduzca la velocidad. La velocidad de la leva debe ser de 100 rpm. El motor no debe montarse o soportarse en la base del soporte, ni en el árbol.

- 1.2** *Montaje de la mesa de flujo* – El soporte de la mesa se atornillará firmemente a una platina de hierro o acero, de 250 mm (10") de lado y 25 mm (1") de espesor, cuya cara superior sea fresada hasta obtener una superficie plana y pulida. La placa se debe anclar a un pedestal de concreto de densidad al menos de 2240 kg/ m³ (140lb/pie³) por medio de cuatro (4) pernos de 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") de diámetro, embebidos en el pedestal un mínimo de 150 mm (6"). La base del pedestal y la cara inferior de la placa deben hacer contacto en todos sus puntos. El pedestal será un tronco piramidal monolítico de 625 a 750 mm (25" a 30") de altura, con sección cuadrada superior, cuyo lado sea entre 250 a 275 mm (10 y 11") y cuya base cuadrada tiene lado entre 375 a 400 mm (15 y 16").

Bajo cada esquina del pedestal se debe colocar un empaque cuadrado de corcho de 100 mm (4") de lado, por 13 mm ($\frac{1}{2}$ ") de espesor, o un empaque cuadrado de corcho y del mismo tamaño de la base cuadrada y espesor 13mm ($\frac{1}{2}$ ") bajo todo el pedestal. Se debe controlar frecuentemente el nivel de la mesa, la firmeza del pedestal y el ajuste de los pernos de anclaje.

Una vez que ha sido montado el árbol en el pedestal, la mesa de flujo se deberá nivelar en las posiciones alta y baja, a lo largo de diámetros perpendiculares entre sí.

El árbol de la mesa de flujo, debe mantenerse limpio y cuidadosamente lubricado con aceite liviano, tipo (SAE-10), lo mismo que la leva, para disminuir el desgaste. Cuando la mesa no haya sido usada durante algún tiempo, se debe levantar y dejar caer la plataforma por lo menos 12 veces antes de empezar los ensayos.



- 1.3** *Molde* – (ver Figura 4), Debe ser de bronce o latón, de dureza Rockwell no inferior a 25 HRB, su peso no será inferior a 907 g (no se especifica), y su espesor mínimo de 5 mm (0.2"), su forma es de tronco de cono recto, con base superior de 70 ± 0.5 mm (2.75 ± 0.02 ") de diámetro para moldes nuevos y $70 +$

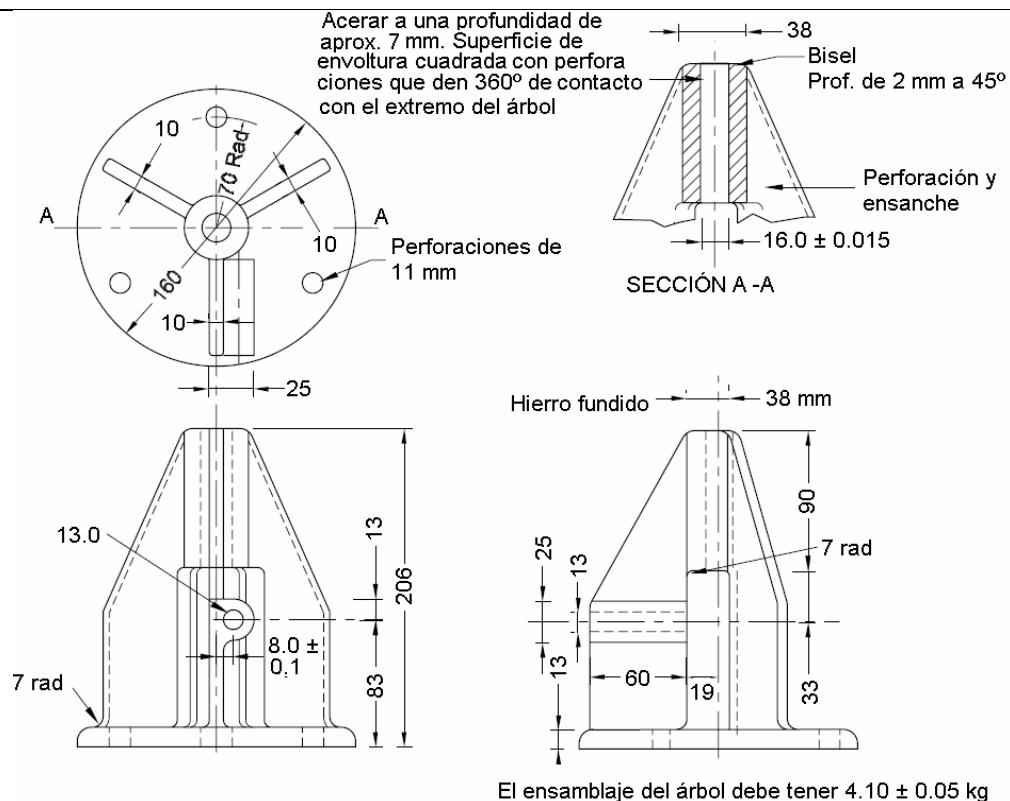
1.3 mm y -0.5 mm ($2.75 + 0.05$ " y -0.02 ") de diámetro para moldes usados; la base inferior será de 100 ± 0.5 mm (4 ± 0.02 ") de diámetro, para moldes nuevos y $100 + 1.3$ y -0.5 mm ($4.00 + 0.05$ y -0.02 ") de diámetro para moldes en uso. La altura del molde 50 ± 0.5 mm (2 ± 0.02 "). La base menor estará provista de un collar integral, para facilitar su remoción; en la base inferior del molde, se debe colocarse una corona de un material no atacable por el mortero y unos 255 mm (10") de diámetro mayor y 100 mm (4") de diámetro menor, con el objeto de evitar que el mortero que queda fuera del molde, cuando esté lleno, caiga sobre la plataforma.

- 1.4** *Calibrador* – Consiste en una mandíbula fija y una móvil a lo largo de una escala permanente, deberá ser proporcionado para medir el diámetro del mortero después de haber sido esparcido por la operación de la mesa. La escala deberá ser dividida con máquina en 40 incrementos con 4 mm (0.16") entre divisiones con líneas de división principales cada 5 divisiones y el número de incremento cada 10 divisiones (Nota 3). La construcción y precisión del calibrador deberá ser tal que la distancia entre mandíbulas sea 100 ± 0.25 mm (4 ± 0.01 ") cuando el indicador esté fijado en cero.

Nota 3.- El calibrador es graduado para indicar $\frac{1}{4}$ del porcentaje de flujo real, de tal manera que las lecturas de cuatro medidas en el calibrador se deben sumar para dar el valor de flujo sin necesidad de calcular el promedio de cuatro medidas individuales del flujo total.

Para medir los diámetros de la base del mortero, se usará un calibrador del tipo mostrado en la Figura 5, durante el ensayo. Las divisiones de la escala deberán estar grabadas sobre la superficie metálica.

- 1.5** *Compactador* – Será de material no absorbente, abrasivo ni quebradizo, como caucho de dureza media o madera (Roble curado). La sección transversal debe ser rectangular de unos 13 x 16 mm ($1/2$ " x 0.6") y una longitud entre 130 y 150 mm (5" y 6").



Dimensiones en mm

Figura 2. Leva, Árbol y Plataforma (dimensiones en mm)

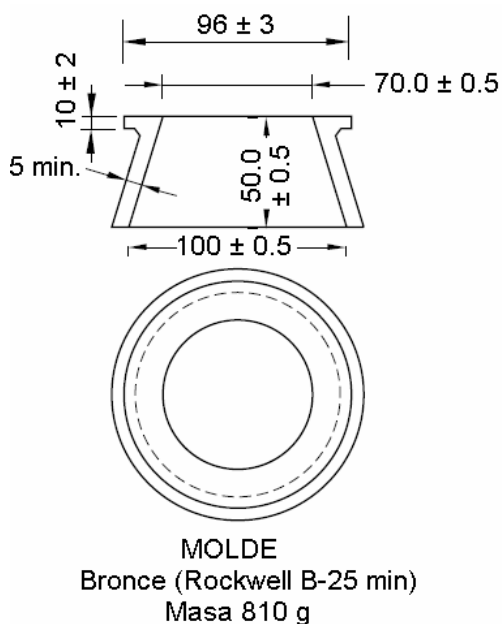




Figura 3. Soportes

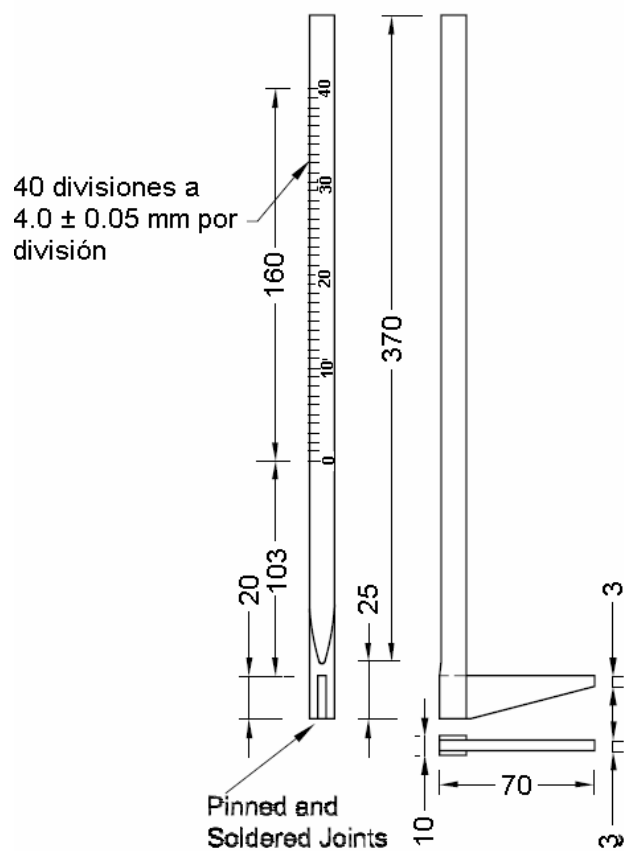
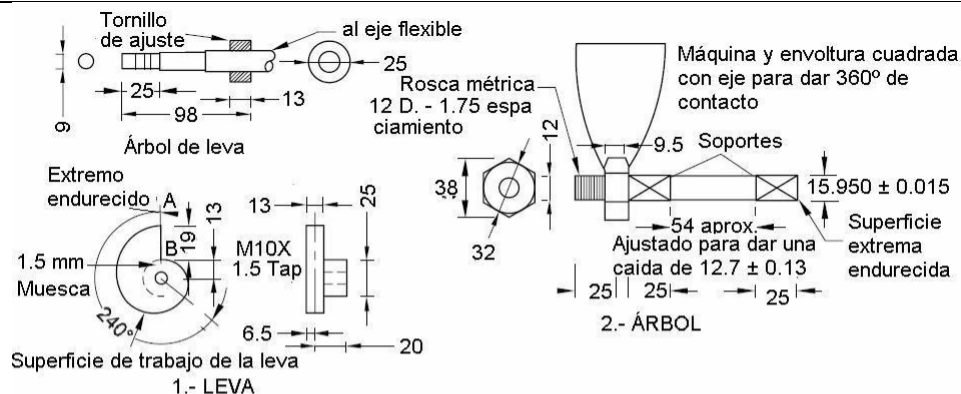
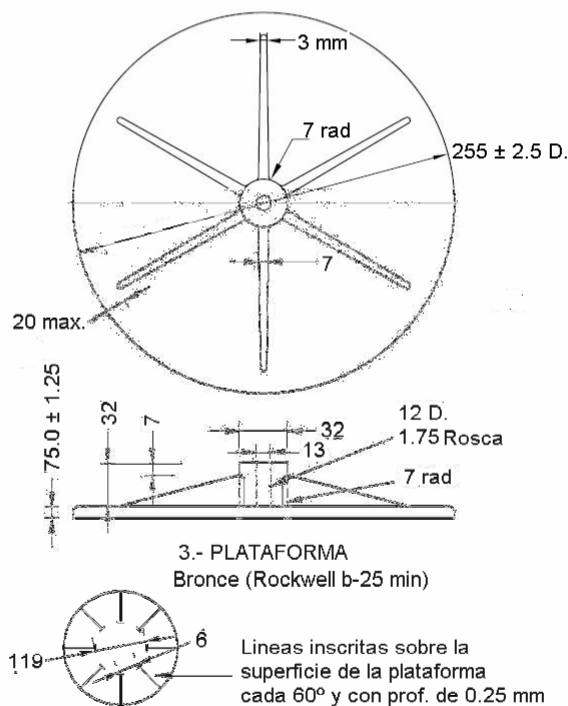


Figura 4. Molde



NOTA: La curva de B a A es una esperal lisa, cuyo radio se incrementa uniformemente de 13 a 38 mm en 360°



Dimensiones en mm

Figura 5. Calibrador

2. PROCEDIMIENTO

- 2.1 Llenado del Molde** – Se limpia y se seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa del mortero que se requiere ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisona con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos. Con una segunda capa de mortero, se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. La



presión del compactador será la suficiente que asegure el llenado uniforme del molde. Se retira el exceso de mortero de la capa superior y se alisa la superficie por medio de un palustre.

- 2.2** *Ensayo* – Una vez el molde se encuentra lleno, se limpia y se seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde.

Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, se retira el molde, levantándolo e inmediatamente se deja caer la mesa de flujo desde una altura de 12.7 mm (½") 25 veces en 15 segundos. Luego se mide el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calcula el diámetro promedio.

- 2.3** *Resultados* – La fluidez es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde, determinado según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - \text{Diámetro base inferior del molde}}{\text{Diámetro base inferior del molde}} \times 100$$

Ec. 1

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado.
- Determine los datos y resultados obtenidos
- Concluya

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C-230/ C 230 M – 98
- AASHTO M-152M/ M 152 – 03

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
ACERO. ENSAYO DE IMPACTO CHARPY (ENTALLA EN V)	2

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Resistencia de materiales
Espacio académico	Mecánica de materiales
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

[illegible][illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de ensayo Charpy	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	X
Casco de seguridad	X
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar la resistencia del acero al impacto con el instrumento de medición Charpy, con entalla V.



Específicos:

- Analizar el procedimiento realizado en el laboratorio para Ensayo de impacto.
- Observar el comportamiento de los diferentes tipos de materiales (frágiles o dúctiles)
- Determinar los valores de resistencia a la fractura.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

El ensayo consiste en determinar la resistencia a la fractura de materiales metálicos, con el uso del péndulo Charpy, el cual rompe de un solo golpe una pieza de ensayo. Tiene en medio de ella una talla en "V" y se apoya en dos soportes.

Las probetas: Deben tener una longitud de 56 mm y sus lados tienen una distancia mínima de 10 mm. En la mitad de la muestra se ubica una talla en "V" de 45° incluido el ángulo, 2 mm de profundidad y 0,25 mm de radio de la raíz. Todas las probetas deben estar totalmente maquinadas. La entalla debe ser perpendicular al eje longitudinal de la probeta y también, se debe observar que durante su entalladura no aparezcan ranuras en su base. La probeta se puede marcar en superficies que no se vean afectadas por el ensayo.

Máquina de ensayo: La máquina de ensayo se especifica en la norma ISO/R 442. La energía nominal de la máquina de ensayo debe ser de $300 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$. Las energías registradas deben llevar el prefijo "KV".

Configuración de los soportes y soportes de la probeta:

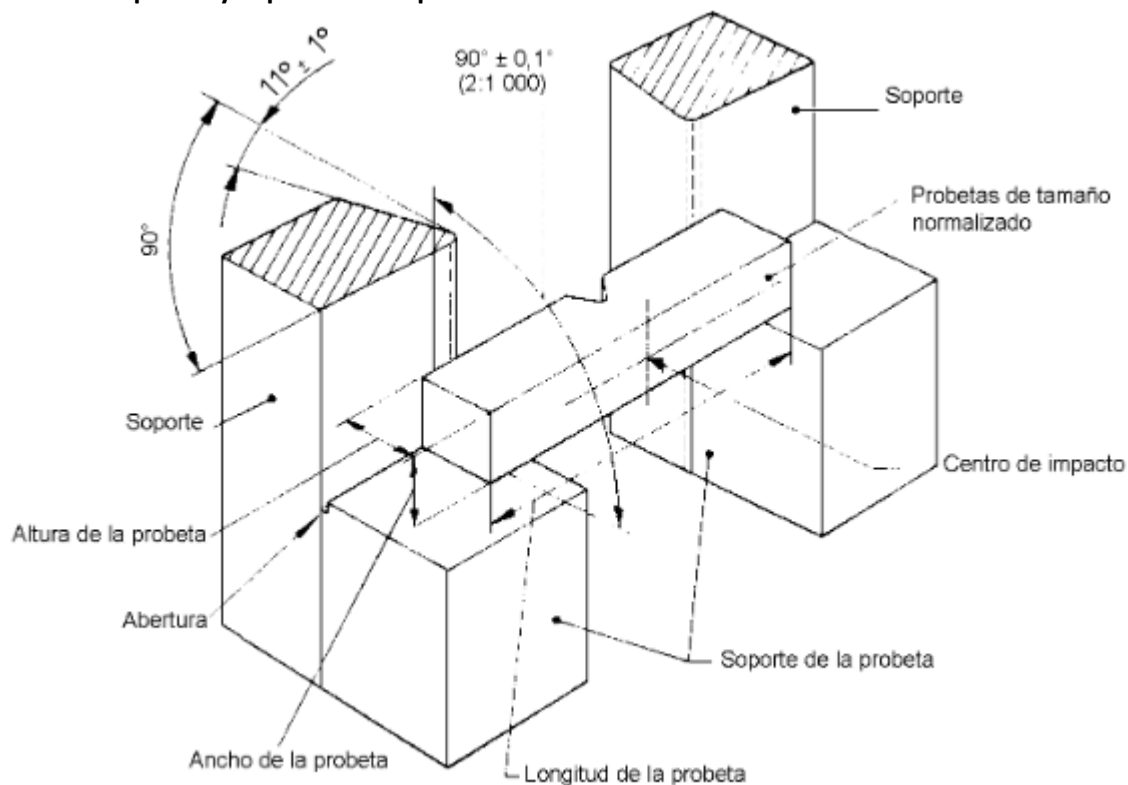


Ilustración 1. Norma técnica colombiana 20-1

Para ver las especificaciones de diseño de la entalla, recomendamos dirigirse a la norma técnica colombiana por medio de la ventana de ICONTEC en CRAI, utilice su usuario y contraseña del SAC, para acceder a la página oficial.



METODOLOGÍA

PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

Requisitos del ensayo: La probeta se ubica sobre los soportes, con la ranura hacia dentro, el impacto debe estar sobre el plano de simetría de la ranura e impactar inmediatamente el lado opuesto a ella. Los valores serán arrojados automáticamente por la máquina de ensayo, la temperatura a la que debe aplicarse esta prueba es de $23^{\circ}\pm 5^{\circ}$ C. Si se requiere ensayar la pieza en condiciones controladas de temperatura, diferentes a las especificadas, la probeta debe ser impactada a los 5 segundos luego de ser retirada del refrigerador, calentador o en su defecto una máquina de control de temperatura. Si durante el ensayo la probeta no se quiebra, la energía absorbida es indefinida y se señala en el informe por medio de las letras xx J.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas), número de colada.
- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a probetas metálicas.

2. Energía nominal de impacto del péndulo

3. Temperatura del ensayo.

4. Energía absorbida

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ICONTEC, «e-collection,» 23 10 1996. [En línea]. Available: <https://ecollection-icontec-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/normavw.aspx?ID=1254>. [Último acceso: 15 07 2021].



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
ACERO. ENSAYO DE TORSIÓN	3

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Resistencia de materiales
Espacio académico	Mecánica de materiales
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS			
Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
N/A			
Materiales y Consumibles		Unidad	Cantidad
Acero		Varilla perfilada	1
Aluminio		Varilla perfilada	1
Probeta		U	1
Calibrador pie de rey digital		U	1
Marcador permanente de punta delgada		U	1
Regla metálica			



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de torsión	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	X
Casco de seguridad	X
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

- Analizar el comportamiento del material metálico sometido a esfuerzo de torsión.



Específicos:

- Identificar los estados de los metales durante la prueba.
- Determinar el tipo de fractura que presenta la barra.
- Reconocer la diferencias que presentan los diferentes tipos de materiales usados en el ensayo.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

En toda construcción, encontramos materiales que están sujetos a fuerzas o cargas. Para no exponer el material a fuerzas excesivas y posibles fracturas, se realizan pruebas para conocer las características del material. La torsión es un movimiento circular que se produce al aplicarse un momento torsor alrededor del eje.

¿EN QUE CONSISTE?

Por medio de un dispositivo de carga (Maquina de torsión), se aplica a una probeta un par torsor y se mide el ángulo resultante. Los resultados del ensayo, resultan útiles para el cálculo de elementos sometidos a torsión tales como: tornillos, resortes de torsión, ejes de transmisión y cigüeñales.

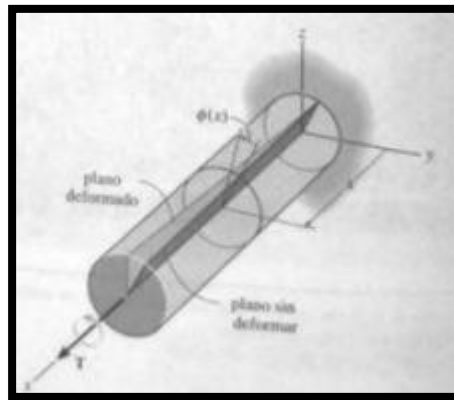
¿FORMA DE LAS PROBETAS?

Las probetas usadas en el ensayo son de sección circular, sin deformaciones.

En la sección transversal de la probeta, encontramos el esfuerzo cortante y el ángulo de torsión.

T: Esfuerzo cortante

Φ : Angulo de torsión



Fuente: Mecánica de materiales Hibbeler 3ra. Edición.

Si una probeta cilíndrica, de dimensiones definidas, es sometida a torque (T). El ángulo (ϕ) de torsión está dado por:

$$\phi = \frac{T \times L}{G \times I_P} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

G: Módulo de corte del material de la probeta

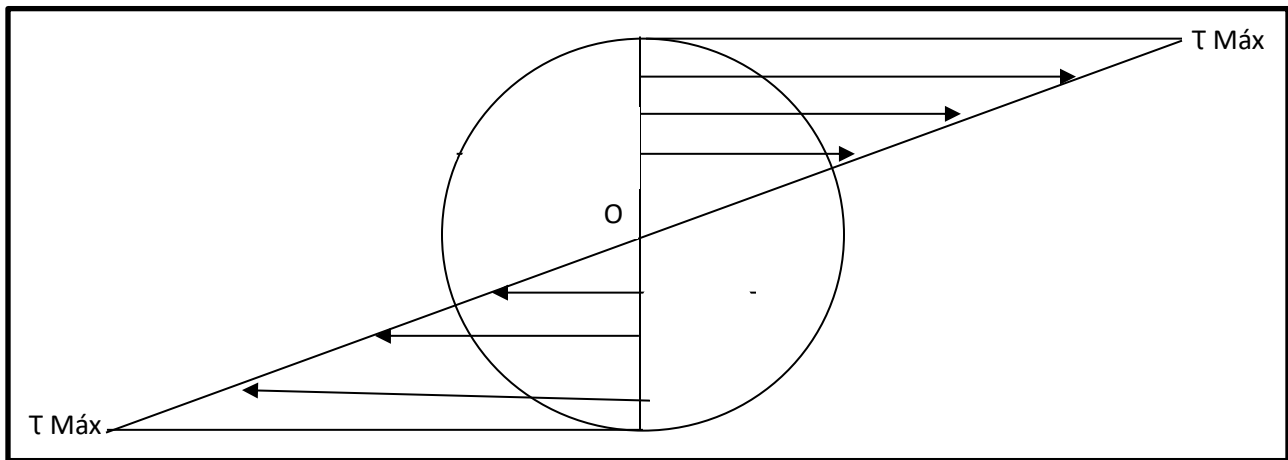


I_P : Momento de inercia polar de la sección transversal de dicha probeta.

A menudo se utiliza la ecuación 1 para determinar el módulo de corte G. normalmente, para obtener un valor de g más confiable, se efectúan varias pruebas y se emplea el valor promedio:

$$G = \frac{T \times L}{\phi \times I_P} \quad \text{Ec.2}$$

La distribución de esfuerzos en la probeta, es cero en el eje central y aumenta a medida que el esfuerzo se realiza hacia la parte exterior del cilindro.



El valor del esfuerzo cortante, se determina con la ecuación:

$$\tau = \frac{T}{W_P} \quad \text{Ec.3}$$

DIAGRAMA DEL MOMENTO TORSOR

Este diagrama se halla con el ángulo de torsión versus el momento torsor y se utiliza para determinar el módulo de rigidez al corte, el esfuerzo cortante de fluencia y proporcionalidad.

METODOLOGÍA

PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

1. Toma de medidas de las probetas a ensayar (diámetro y longitud).
2. Trace una línea media a lo largo de la sección cilíndrica.



3. Fijar la probeta a las copas de la máquina de torsión, asegure la probeta.



4. Calibrar el instrumento de medición.
5. Registre los valores obtenidos.
6. Cuando la probeta se fracture ponemos fin al ensayo.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a probetas metálicas.
- c. Tipo de fractura en el material y por qué se produce.

2. Normalización

3. Ficha técnica del material

4. Grafica esfuerzo cortante versus deformación angular. [1]

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- R. C. Hibbeler, «Ingeniero,» de *Mecánica de materiales*, Mexico, 1996, p. 179.



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO DE 2"X2"	4

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado, Mecánica de Materiales
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS			
Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento	-	Kg	-
Arena	-	Kg	-
Agua	-	L	-
Materiales y Consumibles		Unidad	Cantidad
Equipos y Accesorios		unidad	Cantidad



Balanza – Con capacidad de 2000 g y sensibilidad de 2 g	Unidad	1
Tamices – De tejido de alambre y diámetro normalizado de 203 mm	Unidad	1
Probetas	Unidad	1
Cámara húmeda	Unidad	1
Moldes de 2"	Unidad	1
Mezclador	Unidad	1
Mesa de Flujo	Unidad	1
Compactador	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Máquina de compresión	Unidad	1
Batidor	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar el esfuerzo de compresión de morteros de cemento hidráulico, usando cubos de 50mm o (2") de lado.



CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 454 Hormigón fresco. Toma de muestras.

MARCO TEORICO

2 RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

La compresión se medirá sobre dos (2) cubos de 50mm o (2") compactados en dos (2) capas. Los cubos serán curados un día en los moldes y se desmoldarán y sumergirán en agua-cal hasta su ensayo. Las proporciones en masa para formar el mortero usado están compuestas de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena normalizada. Los cementos Pórtland o los cementos Pórtland con incorporadotes de aire son mezclados con una relación agua/cemento especificada para los demás cementos la cantidad de agua de amasado debe ser aquella que produzca una fluidez de 110 ± 5 en 25 golpes en la mesa de flujo.

3 IMPORTANCIA Y USO

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico y otros morteros. Los resultados se pueden emplear para determinar la conformidad con las especificaciones y otros métodos de ensayos. No se deben emplear sus resultados para estimar la resistencia del concreto.

1. EQUIPO

1.1 *Balanza* – Con capacidad de 2000 g y sensibilidad de 2 g.

1.2 *Tamices* – De tejido de alambre y diámetro normalizado de 203 mm. Se requiere una serie con los siguientes:

1.18 mm (No.16)	425 μ m(No.40)
850 μ m (No.20)	300 μ m (No.50)
600 μ m (No.30)	150 μ m (No.100)

1.3 *Probetas* – Las probetas de vidrio, deben tener con preferencia una capacidad que permita medir el agua total de mezcla, en una sola operación; serán graduadas por lo menos cada 5 ml, se pueden omitir las graduaciones menores a 10 ml en probetas de 250 ml y las menores a 25 ml en probetas de 500 ml.

Las principales líneas de graduación deberán ser círculos y estar numerados, las líneas de graduación



menor se deberán extender por lo menos un séptimo (1/7) del perímetro de la probeta, y las líneas intermedias por lo menos un quinto (1/5) del perímetro de la probeta. Tendrán una aproximación de 2 ml, al indicar el volumen a 20° C (68° F).

1.4 *Cámara húmeda* – Se requiere una cámara que tenga condiciones adecuadas, para almacenar con facilidad las muestras, y mantener una temperatura de 23 ° ± 1.7°C, con una humedad relativa no menor del 95%.

1.5 *Moldes* – Para los cubos de 50 mm o (2”) se requieren moldes que no tengan más de tres (3) compartimentos, ni consten de más de dos (2) elementos separables. Estos elementos deben estar dotados de dispositivos que aseguren una perfecta y rígida unión; serán fabricados de metal duro, no atacable por las mezclas de cemento. Para moldes nuevos el valor de la dureza Rockwell del metal no deberá ser menor de 55 HRB. Los lados de los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para prevenir ensanchamientos o pandeos en los especímenes.

Para moldes nuevos, las caras interiores, serán planas y lisas con variación máxima de 0.025 mm; la distancia entre las caras opuestas, (50mm) tendrá variación máxima de ± 0.13mm y la altura de 50mm tendrá una variación permisible de ± 0.25mm. El ángulo formado por las caras interiores adyacentes será de 90° ± 0.5°.

Para moldes en uso, las caras interiores serán planas y lisas con variación máxima de 0.05 mm; la distancia entre las caras opuestas, (50mm) tendrá variación máxima de ± 0.5mm y la altura de 50 mm tendrá una variación permisible de ± 0.25mm. El ángulo formado por las caras interiores adyacentes será de 90 ± 0.5°.

1.6 *Mezcladora* – Consta de una paleta y un recipiente. Será impulsada eléctricamente, debe ser del tipo epicíclico, que imparte a la paleta movimiento de rotación y planetario; la mezcla dora tendrá mínimo dos (2) velocidades, controladas por medios mecánicos (No se aceptarán ajustes de velocidad por medio de reóstatos); la velocidad primera, o baja, girará la paleta a razón de 140 ± 5 rpm y el movimiento del planetario será aproximadamente 62 rpm. La segunda o rápida, robará la paleta a razón de 285 ± 10 rpm, con movimiento del planetario de aproximadamente 125 rpm. El motor que acciona el sistema, tendrá una potencia mínima de 125 W (1/6 hp).



Tabla 1. Variaciones permisibles de los moldes de los especímenes.

Parámetro	Cubos de 50 mm	
	Moldes nuevos	Moldes en uso
Planicie de los lados	< 0.025 mm	< 0.05 mm
Distancia entre los lados opuestos	50 mm $\pm$ 0.13 mm	50 mm $\pm$ 0.50 mm
Altura de cada compartimiento	50 mm + 0.25 mm a - 0.13 mm	50 mm + 0.25 mm a - 0.38 mm
Ángulo entre caras adyacentes (A)	90° $\pm$ 0.5°	90° $\pm$ 0.5°

(A) Medido en puntos ligeramente retirados de la intersección. Medido separadamente para cada compartimiento entre todas las caras interiores y la cara adyacente y entre las caras interiores y la parte plana superior y la inferior del molde.

Cuando la mezcladora está en posición de trabajo, la distancia entre el borde inferior de la paleta y el fondo del recipiente de mezcla, no será mayor de 2.54 mm, ni menor de 0.76 mm.

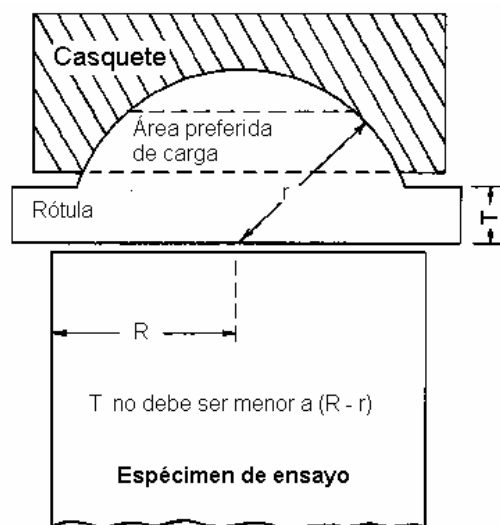
- 1.7 *Mesa de Flujo* – Cumplirá con los requisitos de la norma INV E – 325.
- 1.8 *Compactador* - Cumplirá con lo especificado en la norma INV E – 325.
- 1.9 *Palustre* – Será de una longitud entre 100 y 150 mm (4" y 6") con hoja de acero, con bordes rectos.
- 1.10 *Máquina de Ensayo* – Podrá ser mecánica o hidráulica, con una abertura suficiente entre los apoyos, para que permita colocar la muestra y los aparatos de comprobación. La carga aplicada a la muestra, se deberá medir con una tolerancia de $\pm 1.0\%$. El soporte superior, tendrá una esfera metálica firmemente asegurada al centro del apoyo superior de la máquina (sistema de rótula) (Figura 1). El centro de la esfera estará sobre la perpendicular levantada el centro de la superficie del bloque en contacto con la muestra (cubo).

El bloque se colocará asentando sobre la esfera, pero se podrá inclinar libremente en cualquier dirección. La diagonal o diámetro de la superficie de apoyo será ligeramente mayor que la diagonal de la cara de la muestra (cubo), pero no mayor de 74 mm, para facilitar su centrado. Debajo del cubo se colocará un bloque metálico para minimizar el desgaste del plato inferior de la máquina. Este bloque tendrá marcas grabadas, que permitan centrar exactamente el cubo y



su dureza Rockwell no será inferior a 60 HRC. Las superficies que van a hacer contacto con los cubos deben ser planas y con variación permisible de 0.013 mm (0.0005") cuando son nuevos, y se deberá mantener dentro de una variación permisible de 0.025 mm.

Nota 1 - Un diámetro de 79.4 mm es satisfactorio siempre que el bloque de soporte inferior tenga un diámetro ligeramente mayor que la diagonal de la cara del cubo de 50 mm o 50.8 mm, pero no mayor de 74 mm y centrado con respecto al bloque de soporte superior y sostenido por un medio apropiado.



Nota: Se deben tomar precauciones para sostener la rótula en la concavidad y para sostener la unidad entera en la máquina de ensayo.

Figura 1 . Dibujo esquemático de un bloque de carga típico con rótula

2. MATERIALES

2.1 Arena – La arena usada para hacer las muestras (cubos), en este ensayo, será natural de sílice; normalizada para ensayo y gradada de acuerdo con los siguientes tamices:

Tamices	Alternativo	% que pasa
118 μm	(No.16)	100
600 μm	(No.30)	96-100
425 μm	(No.40)	65-75
300 μm	(No.50)	20-30
150 μm	(No.100)	0 - 4



Para comprobar la gradación normalizada, se toma el contenido de un saco lleno de arena, de aproximadamente 45 kg, se extiende en una superficie plana y por cuarteo se toman unos 700 g; de esta muestra, se toman unos 100 g y se hace el tamizado, tomando las mallas en forma independiente; en 60 segundos de continuo tamizado no pasarán por el tamiz más de 0.5 g. El material retenido en cada malla estará de acuerdo con la gradación presentada antes.

Nota 3 - Segregación de la arena gradada. La arena normalizada gradada se manipula de manera que se impida su segregación, ya que las variaciones en la gradación alteran la

consistencia del mortero. Al vaciar los recipientes o sacos, se puede evitar la formación de montículos de arena o de cráteres en esta, por los cuales pueden rodar las partículas gruesas. Los recipientes tienen un tamaño que permita tomar estas precauciones. No se puede emplear dispositivos para extraer la arena de los recipientes por gravedad.

3. CONDICIONES DE ENSAYO

- 3.1 *Temperatura* – La temperatura del aire en las vecindades de la mezcladora, moldes, materiales, prensa, etc., será de $23.0^{\circ} \pm 3^{\circ}$ C. El agua de mezclado y la cámara húmeda tendrán una temperatura de $23.0^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C y esta temperatura no deberá variar durante el ensayo en $\pm 1.7^{\circ}$ C.
- 3.2 *Humedad* – La humedad relativa no será menor del 50%. Se deberá comprobar el flujo del mortero conforme lo establecido en la norma INV E – 325.

4. ESPECÍMENES DE PRUEBA

Se deben hacer dos o tres especímenes de una bachada de mortero para cada periodo o cada edad de prueba.

5. PROCEDIMIENTO

- 5.1 *Preparación de los moldes* – A los moldes se les aplicará en sus caras interiores una capa delgada de aceite mineral ligero. Las superficies de contacto de los elementos separables se revestirán de una capa de aceite mineral pesado, luego se unen estos elementos y se elimina el exceso de aceite en cada uno de los compartimentos. Luego se coloca el molde sobre una placa plana, no absorbente, cubierta con una delgada capa de aceite. En la parte exterior de las juntas de las partes que componen el molde, o de éstos con la placa, se aplicará una mezcla de 3 partes en peso de parafina y 5 partes de resina o cera calentada a 110° - 120° C, para impermeabilizar.
- 5.2 *Composición del mortero* – Las proporciones en peso de materiales para el mortero normal serán de una (1) parte de cemento y 2.75 partes de arena gradada, usando una relación agua-cemento de 0.485 para los cementos Pórtland y 0.460 para los Pórtland con incorporadores de aire. La cantidad de agua de mezcla para otros cementos diferentes del Pórtland y Pórtland con



incorporadores de aire será tal que produzca un flujo de 110 ± 5 , expresada en porcentaje de la masa del cemento.

Las cantidades que deben ser mezcladas para formar la bachada para seis (6) y nueve (9) cubos de ensayo, serán las contenidas en la siguiente tabla:

Material	6 Cubos	9 Cubos
Cemento (g)	500	740
Arena (g)	1375	2035
Agua (ml)		
- Pórtland (0.485)	242	359
Agua (ml)		
- Pórtland con incorporadores de aire (0.46)	230	340

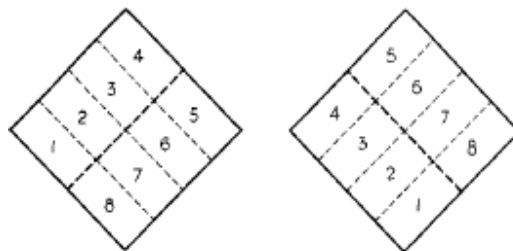
1.1 *Preparación del mortero* – La mezcla mecánica se debe realizar de acuerdo a la norma INV E – 321.

1.2 *Determinación de flujo* – Se limpia y se seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa del mortero que se requiere ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisona con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos. Con una segunda capa de mortero, se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. La presión del compactador será la suficiente que asegure el llenado uniforme del molde. Se retira el exceso de mortero de la capa superior y se alisa la superficie por medio de un palustre. Una vez el molde se encuentra lleno, se limpia y se seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde.

Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, se retira el molde, levantándolo e inmediatamente se deja caer la mesa de flujo desde una altura de 13 mm (1/2") 25 veces en 15 segundos. Luego se mide el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calcula el diámetro promedio.

En el caso de otros cementos o cemento Pórtland con aire incluido, se deben hacer varios morteros de prueba con variantes en el porcentaje de adición del agua hasta obtener el flujo especificado. Cada prueba se hará con mortero nuevo. (norma INV E – 325).

1.3 *Moldeo de Especímenes* – Después de preparado el mortero, hay que dejarlo quieto en la mezcladora por 90 segundos, sin cubrirla. Durante los últimos 15 segundos de este intervalo, rápidamente se debe raspar el mortero pegado en las paredes y luego remezclar por 15 segundos a velocidad lenta. Dentro de un tiempo transcurrido no mayor de 2 minutos y 30 segundos después de completar la mezcla original de la bachada, se inicia el llenado de los compartimentos, colocando una capa de más o menos 25 mm (1") de espesor (aproximadamente la mitad del molde), en cada uno de los compartimentos, y se apisonan con 32 golpes en 10 segundos, que se aplicarán sobre la superficie, en 4 etapas de 8 golpes adyacentes cada una, como se ilustra en el siguiente esquema.



Los golpes de cada etapa se darán siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior; la presión del compactador será tal, que asegure el llenado de los compartimentos. Se deben completar las cuatro (4) etapas de compactación, en cada compartimento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la etapa de la primera capa en todos los compartimentos, se llenan con una segunda capa y se procede como en la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce en el compartimento el mortero que se ha depositado en los bordes del molde. A lo largo de estas operaciones, el operario usará guantes de caucho. Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos, deben quedar un poco más altas que el borde superior de los moldes. La superficie de los cubos debe ser alisada con la parte plana del palustre, retirando el mortero sobrante, con un movimiento de vaivén.

5.3 Almacenamiento de los especímenes – Terminada la operación de llenado, el conjunto de molde y placa, se colocará en la cámara húmeda durante 20 a 72 horas, con la cara superior expuesta al aire húmedo, pero protegidos contra la caída de gotas. Si los cubos se retiran del molde antes de las 24 horas, se dejarán en la cámara húmeda hasta completar este tiempo. Los cubos que no se van a ensayar a las 24 horas, se sumergen en agua -cal saturada dentro del tanque de almacenamiento, construido con material no corrosivo; el agua del tanque se renovará frecuentemente para que permanezca limpia.

5.4 Determinación de la resistencia a la compresión – Los cubos que van a ser ensayados a las 24 horas, se sacan de la cámara húmeda cubriéndolos con un paño húmedo, mientras se van pasando a la máquina. Para los otros cubos, se deben sacar del tanque de almacenamiento uno a uno y probarse inmediatamente. Todos los cubos se ensayarán dentro de las siguientes tolerancias de tiempo: a las 24 horas $\pm 1/2$ hora; a los 3 días ± 1 hora; a los 7 días ± 3 horas, a los 28 días ± 12 horas y a los 56 días ± 24 horas.

Los cubos se deberán secar y dejarse limpios de arena suelta o incrustaciones en las caras que van a estar en contacto con los bloques de la máquina de ensayo. Se debe comprobar por medio de una regla, que las caras están perfectamente planas, si hay una curvatura apreciable se pueden limar las caras o desechar el espécimen.

Se coloca cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayo, debajo del centro de la parte superior de la máquina, comprobándose antes de ensayar

cada cubo, que la rótula gira libremente en cualquier dirección. No se usarán amortiguadores entre el cubo y los bloques de carga.



Se aplica una proporción de carga a una proporción relativa de movimiento entre el plato superior y el inferior que corresponda a una carga aplicada al cubo en el rango de 900 N/segundo a 1800 N/segundo, la proporción del movimiento se obtiene durante la primera mitad de la carga máxima, no se hará ningún ajuste a la proporción de movimiento del plato en la siguiente mitad del ensayo.

6. CÁLCULOS

Se anota la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura y se calcula la resistencia a la compresión así:

$$f_m = \frac{P}{A}$$

donde:

f_m = resistencia a la compresión, en Mpa (psi), P = carga máxima

total en N (lbf), y

A = área de la superficie cargada en mm² (pulg²)-

Para la determinación de la resistencia a la compresión se deben utilizar unidades consistentes de carga y área para determinar la resistencia a la compresión en las unidades seleccionadas.

Si el área real de la sección transversal del cubo varía de la nominal en más del 1.5% (37.5 mm²), se usa el área real para la determinación de la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de especímenes aceptables hechos de la misma muestra y ensayados al en el mismo periodo deberán ser promediados con una aproximación de 0.1 Mpa (10psi).

7. ENSAYOS DEFECTUOSOS Y REENSAYOS

- 7.1 En la determinación de la resistencia a la compresión, no se considerarán los especímenes que son evidentemente defectuosos.
- 7.2 Los cubos defectuosos o los que den resistencias que difieran en más del 8.7% del promedio cuando tres cubos representen la edad de prueba y 7.6% cuando dos cubos representen la edad de prueba, no se tendrán en cuenta al determinar la resistencia. Cuando se trate de ensayos especiales, se fabricará un número mayor para obtener un promedio final de más de tres (3) resultados.
- 7.3 Si el rango de tres especímenes excede el máximo anotado en la Sección 9.2, se debe desechar



el resultado que difiere más del promedio y se debe verificar el rango nuevamente con los dos que quedan. Se debe hacer un reensayo de la muestra si quedan menos de dos especímenes después de descartar los defectuosos, aplicando el máximo rango permisible.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado.
- c. Determine los datos y resultados obtenidos
- d. Concluya

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM C 109/C 109M – 99
- AASHTO T 106M/T 106 – 04

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	5

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado, Mecánica de Materiales
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes : 15	Número de subgrupos para la práctica:
--------	----------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento	-	Kg	-
Arena	-	Kg	-
Agua	-	L	-
Grava	-	Kg	-

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Cono de Abrams	Unidad	1
Varilla compactadora	Unidad	1
Maquina mezcladora	Unidad	1
Palas	Unidad	1
Embudo	Unidad	1
Cucharón	Unidad	1
Flexómetro	Unidad	1
Baldes	Unidad	2

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar el asentamiento del concreto en la obra y en el laboratorio.



Específicos:

- Determinar el asentamiento del concreto

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 454 Hormigón fresco. Toma de muestras.

MARCO TEORICO

1. INTRODUCCIÓN

Un concreto de calidad uniforme requiere que los materiales se mezclen debidamente. El concreto que se prepara será la muestra con la que se llevará a cabo la prueba de revenimiento (Norma ASTM-C143). La muestra es colocada y compactada mediante varillado en un molde con forma de un tronco de cono “Cono de Abrams”, al retirar el molde se realiza la comparación de las distancias del asentamiento del concreto respecto la altura del cono de Abrams.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Éste se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde aproximadamente.

Nota 1. Un tercio del volumen del molde corresponde a una profundidad de 100 mm; dos tercios del volumen, a una de 200 mm.

2.2 Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo debe compactarse a través de todo su espesor; cada una de las capas intermedia y superior deben compactarse a través de todo su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.

2.3 Al llenar la capa superior debe apilarse concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, debe agregarse concreto para que en todo momento haya una cantidad adicional sobre el molde. Después de compactarse la última capa debe alisarse a ras la superficie del concreto utilizando la varilla compactadora. Inmediatamente se retira el molde, levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.

Se levanta el molde a una distancia de 300 mm durante 5 ± 2 s, mediante un movimiento uniforme hacia arriba sin producir movimiento lateral o de torsión al concreto.

La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, debe efectuarse sin interrupción durante un tiempo máximo de 2 min, 30 s.

2.4 Inmediatamente se mide el asentamiento, determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro desplazado de la superficie superior de la muestra.

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o un desprendimiento del concreto hacia un lado de la muestra debe rechazarse el ensayo y efectuarse nuevamente la determinación sobre otra porción de la muestra (véase nota 2).



Nota 2. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto muestran falla o cizallamiento de una porción de concreto, probablemente éste carece de la plasticidad y la cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

3. INFORME

El asentamiento debe anotarse en milímetros, con aproximación a 5 mm y se determina de la siguiente forma:

$$\text{Asentamiento} = 305 - \text{altura en milímetros después de asentado el concreto}$$

4. PRECISIÓN Y SESGO

4.1 PRECISIÓN

Métodos de ensayo inter-laboratorio. Para este método de ensayo no se ha realizado ningún programa de ensayos inter-laboratorio. Debido a que no ha sido posible suministrar concretos equivalentes en diferentes sitios de ensayo, libre de errores de fuentes diferentes a las medidas de asentamiento, no sería significativo establecer la precisión multilaboratorio.

4.2 SESGO

Para este método de ensayo no se ha establecido ningún sesgo debido a que el asentamiento se define solamente en términos de este método de ensayo.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado.
- Determine los datos y resultados obtenidos
- Concluya

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Method of Test for Slump of Hydraulic Cement Concrete. Philadelphia, 1990, 2 p, il, (ASTM C 143-90).

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS PREPARADOS CON ESCLEROMETRO	6

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado, Mecánica de Materiales.
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento	-	Kg	-
Arena	-	Kg	-
Grava	-	Kg	-
Agua	-	L	-

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Esclerómetro	Unidad	1
Roca abrasiva	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar la resistencia a compresión de cilindros de concreto mediante el uso del esclerómetro.



Específicos:

- Determinar el esfuerzo a compresión que soporta la muestra de concreto.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Diagramas de esfuerzo versus deformación unitaria.
- Ley de Hooke.
- NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPCÍMENES DE CONCRETO.
- NTC 673 CONCRETO. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

MARCO TEORICO

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Los ensayos de esclerometría se realizan mediante el esclerómetro o martillo de rebote. Este es un ensayo comparativo que requiere de equipo especial, así como también de una correlación ya sea de superficies adyacentes o como en nuestro caso, de concretos testigos (especímenes de concretos fallados a compresión).

Estos ensayos deben aplicarse en superficies sanas, lisas, limpias y sin recubrimiento. Su precisión es baja por lo que se maneja una alta incertidumbre. El resultado puede variar por muchas razones, como son la humedad, el curado, etc. Es muy útil para detectar cambios en el comportamiento del concreto además de dar un valor preliminar de resistencia a la compresión del mismo, lo cual se puede comparar con la extracción de núcleos de concreto para correlacionar estos dos valores. Este ensayo se rige por la norma ASTM C805/C805M-08.

Factores que influyen en el ensayo:

- Posición del martillo
- Estado de la superficie (carbonatada aumenta la resistencia)
- Humedad del hormigón (baja la resistencia)
- Concentración de agregado grueso en la superficie (aumenta la resistencia).

2. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Este procedimiento cubre la determinación del número de rebote del concreto endurecido usando un esclerómetro. El procedimiento es aplicable para determinar la uniformidad del concreto en sitio, delinear



regiones en una estructura de una calidad menor o con el concreto deteriorado, y estimar la resistencia del sitio.

3. COMPETENCIAS A FORMAR MEDIANTE LA PRÁCTICA

Este método de ensayo es aplicable para evaluar la uniformidad del concreto en el lugar, para delimitar las regiones en una estructura de menor calidad o de concreto deteriorado, y estimar la resistencia en el lugar. Este método de ensayo puede ser complementado con la realización de ensayos de resistencia a compresión de núcleos de concreto extraídos de los lugares correspondientes.

Para una mezcla de concreto dada, el número de rebote se ve afectado por factores tales como el contenido de humedad de la superficie de ensayo, el método utilizado para obtener la superficie de ensayo (tipo de material del encofrado o tipo de acabado), la distancia vertical desde el fondo del concreto colocado, y la profundidad de carbonatación. Estos factores deben tenerse en cuenta en la interpretación del número de rebotes.

Existen diferentes martillos del mismo diseño nominal que pueden dar un número de rebote diferente desde 1 a 3 unidades. Por lo tanto, los ensayos deben realizarse con el mismo martillo con el fin de comparar los resultados. Este método de ensayo no es adecuado como base para la aceptación o rechazo del concreto.

4. TEORÍAS Y CONCEPTOS QUE SE ABORDARÁN EN LA PRÁCTICA

MARTILLO DE REBOTE: También conocido como “martillo Schmidt” o “martillo suizo”, es un dispositivo para medir las propiedades elásticas o la resistencia del concreto.

NÚMERO DE REBOTE: Es el número indicado por el martillo de rebote, cuya relación con la resistencia del concreto es específica para cada fabricante del dispositivo.

5. EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS

5.1. Martillo de Rebote

Consiste de un martillo de acero accionado por un resorte, que cuando se libera golpea un émbolo de acero en contacto con la superficie de concreto (ver Figura 1). El resorte-cargado del martillo debe viajar con una velocidad constante y reproducible. La distancia del rebote del martillo de acero, desde el émbolo de acero, se mide en una escala lineal adjunta al cuerpo del instrumento.

Los martillos de rebote deberán ser revisados y verificados cada año y siempre que exista duda sobre su funcionamiento.



Figura 1. Esclerómetro.

5.1.1. Roca abrasiva

Roca consistente en carburo de silicio con textura de medio grano o material equivalente (ver Figura 2).



Figura 2. Roca abrasiva.

5.2. Equipo Misceláneo

5.2.1. Yunque de ensayo

Un cilindro de aproximadamente 150 mm de diámetro por 150 mm de altura, hecho de acero para herramientas, con un área de impacto endurecida a 66 ± 2 HRC. Un instrumento de guía se proporciona para centrar el martillo de rebote sobre la zona de impacto y mantener el instrumento perpendicular a la superficie.

- Termómetro
- Guantes
- Franela

6. PROCEDIMIENTO

1. Seleccione la superficie a ensayar.
2. Con la piedra abrasiva, pula el área de ensayo en un diámetro de al menos 150 mm (6pulg). Superficies encofradas lisas o superficies alisadas con llana no tienen que ser pulidas antes del ensayo.
3. Si la superficie contiene agua libre, remueva el agua antes del ensayo.
4. Coloque el martillo de rebote sobre la superficie a ensayar.
5. Sostenga el instrumento firmemente de modo que el émbolo sea perpendicular a la superficie a ensayar.
6. Empuje gradualmente el instrumento hacia la superficie de ensayo hasta que el martillo haga impacto.



7. Tras el impacto, mantenga la presión sobre el instrumento y, si es necesario, oprima el botón lateral del equipo para bloquear el émbolo en su posición retraída.

8. Lea el número de rebote en la escala al número entero más cercano.

9. Registre el número de rebote.

10. Repita los pasos del 4 al 9 hasta completar 15 lecturas en diferentes puntos dentro de la zona de ensayo. Cada punto deberá estar separado al menos 25 mm (1 pulg) entre sí.

11. Repita el procedimiento anterior en cada zona de ensayo.

1.1. Cálculos

- Calcule el promedio de las 15 lecturas.
- Deseche las lecturas que difieran del promedio de las 15 lecturas en más de 6 unidades.
- Determine el promedio de las lecturas restantes.
- Si más de 2 lecturas difieren del promedio por 6 unidades, deseche todo el conjunto de lecturas y determine el número de rebote de 15 nuevas ubicaciones dentro de la zona de ensayo.

1.1. Verificación

Verificación de las Lecturas del Martillo de Rebote

1. Coloque el yunque de ensayo sobre una losa o piso de concreto.
2. Coloque el esclerómetro sobre el yunque de ensayo, auxiliándose con el dispositivo guía.
3. Sostenga el instrumento firmemente de modo que el émbolo sea perpendicular a la superficie del yunque de ensayo.
4. Empuje gradualmente el instrumento hacia la superficie de ensayo hasta que el martillo haga impacto.
5. Tras el impacto, mantenga la presión sobre el instrumento y, si es necesario, oprima el botón lateral del equipo para bloquear el émbolo en su posición retraída.
6. Lea el número de rebote en la escala al número entero más cercano.
7. Registre el número de rebote. (Se recomienda realizar nueve lecturas adicionales en el yunque de ensayo, con el fin de obtener un promedio de número de rebote).
8. Compare el valor promedio obtenido con el valor del número de rebote especificado por el fabricante cuando se utiliza el yunque de ensayo.

INFORME

El reporte deberá contener la siguiente información:

Información general:

- Fecha del ensayo
- Temperatura del aire y hora del ensayo
- Edad del concreto



- Identificación del lugar del ensayo en la construcción de concreto y el tamaño del miembro ensayado.

Información sobre el concreto:

- Identificación de la mezcla y tipo de agregado grueso
- Especificación de la resistencia del concreto

Descripción del área de ensayo:

- Características superficiales (fratasado, maestreado, moldeado)
- Si procede, el tipo de material del encofrado utilizado en el área de ensayo
- Si la superficie era granulada y la profundidad del grano
- Si procede, condiciones de curado
- Condición de humedad de la superficie (seca o mojada)

Información del martillo:

- Identificación del martillo o número de serie
- Fecha de verificación del martillo.

Datos del número de rebote:

- Orientación del martillo durante el ensayo
- En las superficies verticales (paredes, columnas, vigas de fundación), elevación relativa de la zona de ensayo
- Números de rebote individuales
- Comentarios sobre lecturas descartadas
- Número promedio de rebotes
- Si procede, descripción de las condiciones inusuales que podrían afectar las lecturas del ensayo.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a los cilindros de concreto.
- c. Determine los datos y resultados de la resistencia a compresión del concreto mediante el uso del esclerómetro
- d. Realice una comparación con los datos obtenidos del ensayo de compresión de cilindros de concreto
- e. Concluya

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ICONTEC, 2010. NTC 673 CONCRETO. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.



- ICONTEC, 2017. NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.
- Beer Ferdinand, Russell Johnston, DeWolf John, Mazurek David. Mecánica de materiales. 5 ed. México. McGraw-Hill. 2010.
- AIS. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10.
- Madrid, C. (1972). Resistencia que debe tener el concreto. comité de la industria del cemento. Andi. Medellín (Colombia).
- NTC 550. (2000). ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN OBRA. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO	7

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado, Mecánica de Materiales, Patología
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Maquina Universal de tensión y compresión	Unidad	1
Compresometro	Unidad	1
Extensómetro	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES		
Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS	
Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.	
Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Determinar el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson a partir de la curva de esfuerzo vs deformación unitaria para concreto.



Específicos:

- Analizar el procedimiento realizado en el laboratorio para Ensayo de Resistencia a la compresión de concreto.
- Medir la deformación axial y perpendicular de la muestra de concreto.
- Graficar la curva de Esfuerzo versus Deformación unitaria del concreto.
- Analizar la curva Esfuerzo versus deformación unitaria para el concreto.
- Determinar módulo de elasticidad y puntos característicos a partir de la curva Esfuerzo versus deformación.
- Determinar el coeficiente de poisson a partir de la deformación perpendicular.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Diagramas de esfuerzo versus deformación unitaria.
- Ley de Hooke.
- NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.
- NTC 673 CONCRETO. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

MARCO TEORICO

4. EQUIPOS

4.1 MÁQUINA DE ENSAYO

Puede ser usada cualquier tipo de máquina de ensayo capaz de imponer una carga a una tasa y a una magnitud fijadas en el numeral 6.4. La máquina debe adecuarse a los requisitos de la NTC 3341 (ASTM E4), (Máquina de ensayo del Tipo *Rata Constante Transversal, CRT*). La cabeza esférica y los bloques de apoyo también deben satisfacer los requisitos de la Sección 2 de la NTC 673 (ASTM C39).

4.2 COMPRESÓMETRO

Para determinar el módulo de elasticidad, se debe disponer sobre el espécimen de un dispositivo sensible unido o no a él (véase la Nota 1), para medir con una aproximación cercana a la 5 millonésima parte del promedio de deformación de dos deformímetros diametralmente opuestos, cada uno paralelo al eje y centrado alrededor de la mitad de la altura del espécimen. La longitud efectiva de cada deformímetro no debe ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado grueso del concreto, ni más de dos tercios de la altura del espécimen. La longitud preferida del deformímetro es la mitad de la altura del espécimen. Los puntos del deformímetro pueden estar embebidos o adheridos al espécimen y la deformación de cada uno de los deformímetros se lee de manera independiente; también se puede usar un compresómetro (como el mostrado en la Figura 1) constituido por dos anillos, uno de los cuales (véase B, Figura 1) está rígidamente atornillado al espécimen y el otro (véase C, Figura 1) fijado en dos puntos diametralmente opuestos, de tal forma que quede libre para rotar. En la mitad de la distancia de los puntos de soporte del anillo rotativo debe colocarse un vástago largo pivotado (véase A, Figura 1) para mantener una distancia constante entre los dos anillos, de tal forma que en el punto opuesto de la circunferencia, el cambio de la distancia entre los dos anillos (es decir, la lectura del deformímetro) sea igual a la suma de los desplazamientos debidos a la deformación del espécimen y al desplazamiento debido a la rotación del anillo con respecto al vástago largo pivotado



(véase la Figura 2).

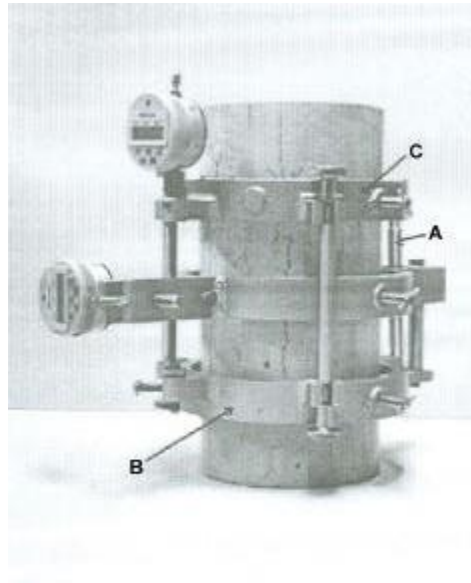


Figura 1. Compresómetro

4.2.1 La deformación se puede medir directamente con un deformímetro o con un sistema multiplicador de palanca, por un deformímetro electrónico de alambre o por un transductor longitudinal de desplazamiento variable. Si las distancias del vástago largo pivotado y del deformímetro al eje del espécimen son iguales, la deformación del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformímetro. Si las distancias al eje del espécimen no son iguales, la deformación se debe calcular de la siguiente manera:

$$d = \frac{ge_r}{(e_r + e_g)}$$

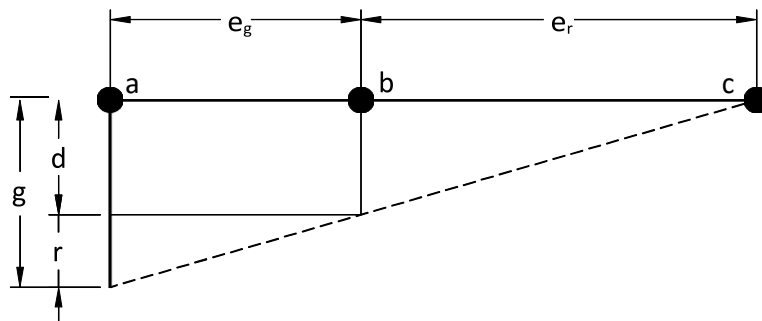




Figura 2. Diagrama de desplazamientos

en donde

- a = localización del deformímetro
- b = punto de soporte del anillo rotativo
- c = localización del vástago largo pivotado
- r = desplazamiento debido a la rotación del anillo alrededor de la varilla del pivote
- d = deformación total del espécimen a lo largo de la longitud efectiva del deformímetro, μm (μ pulgada).
- g = lectura del deformímetro, μm . (μ pulgadas).
- e_r = excentricidad del vástago largo pivotado, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgadas), desde el eje del espécimen.
- e_g = excentricidad del deformímetro, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgadas) desde el eje del espécimen.

Los procedimientos para la calibración de aparatos de medición de deformación, están dados en la norma ASTM E83.

NOTA 1 Aunque los deformímetros adheridos son satisfactorios en los especímenes secos, puede ser difícil, si no imposible, montarlos en especímenes continuamente curados en húmedo hasta el momento del ensayo.

4.3 EXTENSÓMETRO

Si se desea obtener la relación de *Poisson*, la deformación transversal se debe determinar (1) mediante un extensómetro no adherido al espécimen capaz de medir con una aproximación de 0,635 μm (25 μ pulgadas) el cambio del diámetro en la mitad de la altura del espécimen o (2) mediante dos deformímetros adheridos (véase la Nota 1), montados circularmente en puntos diametralmente opuestos, en la mitad de la altura del espécimen y capaces de medir deformación circunferencial con una aproximación de 5 millonésimas. Un aparato que combine un compresómetro y extensómetro y que no esté adherido al espécimen, puede ser conveniente para realizar este ensayo (véase la Figura 3). Este aparato debe contener un tercer anillo (consistente en dos segmentos iguales), localizado en la mitad entre los dos anillos del compresómetro y fijado al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos. En la mitad entre esos dos puntos se ubica una varilla de pivote corta (véase la A' Figura 3), adyacente a la varilla de pivote larga, que se debe usar para mantener constante la distancia entre los anillos inferior y medio. El anillo medio se debe articular en el punto de pivote para permitir la rotación de los segmentos del mismo, en el plano horizontal. En el punto opuesto a la circunferencia, los dos segmentos se deben conectar a un deformímetro con una sensibilidad capaz de medir deformación transversal con una aproximación cercana a 1,27 μm (50 μ pulgadas). Si las distancias de la articulación y del deformímetro al eje del espécimen son iguales, la deformación en el diámetro del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformímetro. Si las distancias de la articulación y del deformímetro al eje del espécimen no son iguales, la deformación transversal del diámetro del espécimen se debe calcular de acuerdo con la ecuación 2.

en donde



d' = deformación transversal del diámetro del espécimen, μm .

g' = lectura del deformímetro transversal, μm .

e'_h = excentricidad de la articulación, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada), desde el eje del espécimen.

e'_g = excentricidad del deformímetro transversal, medida en milímetros con aproximación a 0,254 mm (0,01 pulgada) desde el eje del espécimen.

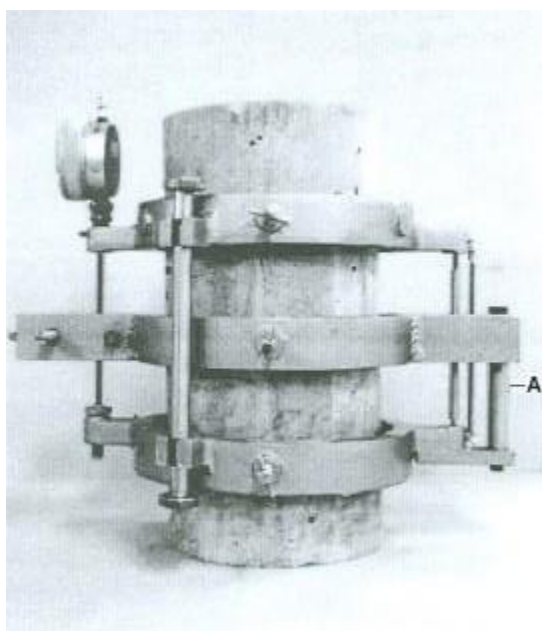


Figura 3. Apropiaada combinación de Compresómetro y extensómetro

4.4 Debe suministrarse, de ser necesario, una balanza o báscula, con una precisión de 0,05 kg (0,1 lb).

5. ESPECIMENES DE ENSAYO

5.1 ESPECÍMENES MOLDEADOS CILÍNDRICAMENTE

Los cilindros de ensayo se deben fundir de acuerdo con los requisitos para ensayos de especímenes a compresión establecidos en las NTC 1377 (ASTM C192) o NTC 550 (ASTM C31). Los especímenes deben cumplir con las especificaciones de curado y a la edad para la cual la información de elasticidad se desea. Los especímenes se deben ensayar dentro de la hora que transcurre desde el momento en que se remueven del cuarto de curado o almacenamiento. Los especímenes sacados del cuarto de curado para su ensayo, se deben mantener en condiciones de humedad mediante el uso de una tela húmeda que los cubra durante el tiempo que transcurra hasta la realización del ensayo.



5.1 NÚCLEOS DE CONCRETO

Los núcleos deben cumplir con los requisitos de extracción y las condiciones de humedad aplicables a especímenes a compresión de acuerdo con lo establecido en la NTC 3658 (ASTM C42), excepto que solamente se deben usar núcleos extraídos con broca de diamante y cuya relación altura a diámetro sea mayor que 1,50.

Los requisitos relativos al almacenamiento y condiciones ambientales inmediatamente anteriores al ensayo, deben ser los mismos de los especímenes normales.

5.2 Los extremos de los especímenes se deben hacer perpendiculares a su eje (con tolerancia de $\pm 0,5^\circ$) y planos (con tolerancia de $\pm 0,05$ mm) (0,002 pulgadas). Si el espécimen no cumple con los requisitos mínimos de horizontalidad, debe efectuarse la nivelación con un refrentado de acuerdo con la NTC 504 (ASTM C617) ó puliendo la superficie del espécimen. Los vacíos de agregado que ocurren en los bordes de los especímenes, se deben reparar de tal forma que el área total de vacíos no exceda el 10 % del área del espécimen y las reparaciones se realicen antes de completar el refrentado o la pulida (véase la Nota 2). La nivelación puede considerarse dentro de la tolerancia de 0,05 mm (0,002 pulgadas), cuando una lámina calibradora no pase entre la superficie del espécimen y una lámina recta mantenida contra su superficie.

NOTA 2 Las reparaciones pueden hacerse pegando con productos epóxicos los agregados sueltos de nuevo en su lugar o llenando los vacíos con material del refrentado y permitiendo un adecuado tiempo para su endurecimiento.

5.3 El diámetro del espécimen de ensayo se debe medir con un calibrador con una aproximación de 0,25 mm (0,01 pulgadas), promediando dos diámetros medidos en ángulos rectos entre sí, cerca del centro de la altura del espécimen. Este diámetro promedio se puede utilizar para calcular el área de la sección del espécimen. La longitud de un espécimen normal incluyendo el refrentado, se debe medir y registrar con una aproximación de 2,54 mm (0,1 pulgada). La altura del núcleo extraído se debe medir de acuerdo con la norma ASTM C174; la altura del núcleo, incluyendo el refrentado, se debe medir y registrar con una aproximación de 2,54 mm (0,1 pulgada).

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Se mantiene la temperatura ambiente y la humedad lo más constante posible a través del ensayo. Se anota cualquier fluctuación inusual de la temperatura o humedad en el informe.

6.2 Se usa la pareja del espécimen para determinar la resistencia a la compresión de acuerdo con el método de ensayo establecido en la NTC 673 (ASTM C39), antes del ensayo para la obtención del módulo de elasticidad.

6.3 Se coloca el espécimen con el equipo de medición de deformación acoplado, en la platina inferior o bloque de apoyo de la máquina de ensayo. Cuidadosamente, se alinea el eje del espécimen con el centro de la rótula del bloque superior de apoyo. Se toma nota de la lectura del deformímetro. A medida que el bloque superior de apoyo se lleva lentamente a asentarse sobre el espécimen, se rota la parte móvil del bloque suavemente a mano hasta que se obtenga un apoyo uniforme.



6.4 Se aplica carga al espécimen por lo menos dos veces. No se registran datos durante el primer ciclo de carga. Se calcula utilizando el promedio de los resultados de los siguientes ciclos de carga.

NOTA 3 Se recomiendan por lo menos, dos ciclos de carga para que la repetitividad del ensayo se pueda notar.

El primer ciclo de carga que es preliminar, se utiliza para ajustar los deformímetros, se observa la variación de éstos (véase la Nota 4) y se corrige cualquier comportamiento inusual antes del segundo ciclo de carga. Se obtiene cada conjunto de lecturas como se expone a continuación: se aplica la carga continuamente y sin impactos. Se ajusta la máquina de ensayo de tipo tornillo de tal manera que la cabeza móvil viaje a una tasa aproximada de 1,25 mm (0,05 pulgadas)/min, cuando la máquina esté corriendo holgada. Para máquinas que operan hidráulicamente, aplíquese la carga a una tasa constante dentro del intervalo de 241 kPa/s $\pm$ 34 kPa/s (35 psi $\pm$ 5 psi). Se registra sin interrupción de carga, la carga aplicada y la deformación longitudinal (1) cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésimas y (2) cuando la carga aplicada sea igual al 40 % de la carga última (véase el numeral 6.5). La deformación total longitudinal está definida como el total de la deformación longitudinal dividida por la longitud efectiva del deformímetro. Si se va a determinar la relación de *Poisson*, debe registrarse la deformación transversal en los mismos puntos. Si se desea la curva esfuerzo-deformación, se deben tomar dos lecturas más de puntos intermedios sin interrupción de la carga, o usar un instrumento que haga un registro continuo. Inmediatamente se alcance la carga máxima, excepto el último ciclo de carga, se reduce la carga a cero a la misma velocidad que se aplicó. Si el observador falla en obtener una lectura, se completa el ciclo y se repite el ensayo. Se registra el ensayo extra en el informe.

NOTA 4 Cuando se utilice un deformímetro de carátula para medir la deformación longitudinal, es conveniente ajustarlo antes de cada ciclo de carga de tal manera que el indicador pase por el punto cero cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésimas.

6.5 El módulo de elasticidad y la resistencia se pueden obtener en el mismo ciclo de carga aun cuando los deformímetros sean desechables, removibles o estén suficientemente protegidos para que sea posible cumplir con los requisitos de carga continua dados en la NTC 673 (ASTM C39). En este caso, se registran varias lecturas y se determina el valor de la deformación en el 40 % de la carga última por interpolación.

6.6 Si se toman lecturas intermedias, se grafican los resultados de los tres ensayos con la deformación longitudinal en las abscisas y el esfuerzo de compresión en las ordenadas. Se calcula el esfuerzo de compresión dividiendo el valor de la carga de la máquina de ensayo, por el área transversal del espécimen, obtenida mediante el procedimiento del numeral 5.4.

7. CÁLCULOS

7.1 Se calcula el módulo de elasticidad, aproximando a 350 MPa (50 000 psi) como sigue:

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000\ 050)}$$

en donde



E = módulo de elasticidad secante, en MPa (psi)

S_2 = esfuerzo correspondiente al 40 % de la carga última.

S_1 = esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, σ_1 , de las 50 millonésimas, en MPa.

ε_2 = deformación longitudinal producida por el esfuerzo S_2 .

7.2 Se calcula la relación de *Poisson*, aproximando a 0,01, como sigue:

$$\mu = \frac{(\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1})}{(\varepsilon_2 - 0,000\ 050)}$$

en donde

μ = relación de *Poisson*.

ε_{t2} = deformación transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_2 .

ε_{t1} = deformación transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S_1 .

INFORME

1. Cada grupo se debe hacer cargo de ensayar la probeta de metal bajo supervisión del docente. Debe consultar velocidad de ensayo en la normatividad vigente y llenar la siguiente tabla

PROBETA NO.	MATERIAL	Long calibrada.	Longitud inicial entre marcas	Longitud final entre marcas	Diámetro inicial	Diámetro final
		mm	mm	mm	mm	mm
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Cada grupo debe tener los siguientes datos:

Diámetro:

Altura:



Edad cilindro:

Resistencia esperada:

2. Cada grupo debe realizar la curva esfuerzo vs deformación unitaria del concreto.

Para concreto:

- Gráfica esfuerzo vs deformación unitaria de los datos obtenidos durante el ensayo de laboratorio y Gráfica esfuerzo deformación unitaria corregida.
- Nombre de la gráfica indicando las características del material y ejes de la gráfica con correspondientes unidades.
- Línea que representa el módulo de elasticidad y su valor.
- Límite de proporcionalidad.
- Límite elástico.
- Límite de fluencia. Consultar metodología para su determinación en materiales no lineales.
- Resistencia máxima.
- Rotura de ingeniería.
- Rotura real.
- Área correspondiente a módulo de resiliencia y su valor.
- Área correspondiente a módulo de tenacidad y su valor.

Debe presentar una tabla indicado el esfuerzo y la deformación unitaria obtenidos en cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

Nota: En caso de utilizar extensómetro se deben utilizar estos datos.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a los cilindros de concreto.
- c. Describa brevemente el comportamiento observado de cada una de las probetas desde el inicio de la carga hasta la falla.

2. Ensayo Estándar

Describa brevemente el ensayo estándar para la determinación de la curva real σ - ϵ de un concreto, su módulo de elasticidad y coeficiente de poisson (normas NTC 673 y NTC-4025).

3. Curvas esfuerzo – deformación (σ - ϵ):

- a. A partir de las curvas carga – alargamiento obtenga la curva esfuerzo deformación (σ - ϵ) para cada probeta.
- b. Identificación de puntos característicos de la curva σ - ϵ :
 - Esfuerzo máximo
 - Esfuerzo de falla (analizar y comentar)
 - Punto de fluencia (¿podría definirse uno? ¿Qué método utilizaría?)



- c. Módulo de elasticidad y coeficiente de poisson: Consulte cual es el procedimiento para calcular el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson de un concreto. Ver norma NTC-4025.

4. Energía de Deformación

Para cada curva σ - ϵ determine el módulo de Resiliencia y el módulo de Tenacidad. Compárela con las demás y concluya.

5. Errores cometidos:

Identificar errores cometidos durante el ensayo y sus implicaciones en la curva σ - ϵ . Qué importancia tiene en el ensayo la medición correcta de las deformaciones (uso del extensómetro de precisión).

6. Valores Típicos (*libros de mecánica o resistencia de materiales*):

Consulte los valores típicos de resistencia (punto de fluencia y esfuerzo máximo), ductilidad (elongación máxima) y módulo de elasticidad de cada material ensayado. Compare con los valores obtenidos en laboratorio. Concluya.

Realice el informe de este análisis de laboratorio de acuerdo a las especificaciones siguientes:

El informe debe ser presentado en hojas tamaño carta. Debe ser presentado impreso. Las gráficas pueden ser impresas, pero todos sus análisis deben realizarse a mano. Informe a presentar en grupos de máximo tres personas.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ICONTEC, 2010. NTC 673 CONCRETO. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.
- ICONTEC, 2017. NTC 550 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.
- Beer Ferdinand, Russell Johnston, DeWolf John, Mazurek David. Mecánica de materiales. 5 ed. México. McGraw-Hill. 2010.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS EXTRAIDOS	8

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto Reforzado, Mecánica de Materiales.
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento	-	Kg	-
Arena	-	Kg	-
Grava	-	Kg	-
Agua	-	L	-

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Taladro de núcleos	Unidad	1
Maquina universal	Unidad	1
Ferrosan	Unidad	1
Sierra	Unidad	1
Pie de rey	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Pesa Kg	Unidad	1
Barra apisonadora	Unidad	1
Mazo	Unidad	1
Mezcladora	Unidad	1
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1
Cono de Abrams	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.	
Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X



OBJETIVOS

General:

Establecer la obtención, la preparación y el ensayo de núcleos extraídos de concreto para la determinación de su longitud o de su resistencia a la compresión

Específicos:

- Analizar el procedimiento realizado de extracción de cilindros de concreto.
- Determinar el esfuerzo a compresión máximo que soporta la muestra de concreto.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 504 Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C617)
- NTC 673 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto. (ASTM C39)
- NTC 722 Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto. (ASTM C496)
- NTC 1000 Metrología. Sistema internacional de unidades. (ISO 1 000)
- NTC 1377 Elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio. (ASTM C192)

MARCO TEORICO

3. DEFINICIONES

Núcleo: una muestra cilíndrica de concreto endurecido obtenida por medio de un taladro.

Espécimen de Núcleo: espécimen de concreto cortado de un núcleo.

Tamaño máximo nominal: en especificaciones y descripciones para agregados, la abertura del tamiz más pequeño a través del cual se PERMITE que pase la cantidad total de agregados.

Tamaño máximo: en especificaciones y descripciones para agregados, la abertura del tamiz más pequeña a través del cual se REQUIERE que pase la cantidad total de agregados.

4. APARATOS

4.1 TALADRO DE NÚCLEOS

Se utiliza en la obtención de especímenes de núcleo cilíndrico. Para especímenes extraídos por una perforación perpendicular a la superficie horizontal puede ser apropiado el uso de un taladro de



percusión. Se debe usar una broca de punta de diamante para núcleos extraídos en otras direcciones, cuando el diámetro del núcleo de ensayo deba determinarse con exactitud, buscando una mayor precisión en los cálculos de la resistencia a la compresión.

4.2 SIERRA

Se usa para la obtención de especímenes de vigas del tamaño adecuado en el ensayo de resistencia a la flexión. La sierra debe tener un filo de corte de diamante o de silicón-carburo, y debe ser capaz de cortar especímenes que concuerden con las dimensiones preestablecidas, sin calentamiento excesivo o impactos fuertes.

5 MUESTREO

5.1 GENERALIDADES

5.1.1 Las muestras de concreto endurecido para la utilización en la preparación de especímenes de ensayo de resistencia, no deben tomarse hasta que el concreto se haya endurecido lo suficiente como para permitir la remoción de la muestra sin afectar el entrabamiento entre el mortero y el agregado grueso. En general, el concreto debe tener 14 días de edad antes de que se produzca la remoción de los especímenes. Cuando se preparan los especímenes para los ensayos de resistencia de muestras de concreto endurecido, deben desecharse las muestras que presentan condiciones anormales y defectuosas o aquellas que han sido dañadas en el proceso de remoción.

5.1.2 Los especímenes que contengan refuerzo, no deben usarse para la determinación de la resistencia a la tracción indirecta y los especímenes para la determinación de la resistencia a la flexión no deben usarse si existen refuerzos en la porción del espécimen sometida a tracción.

Nota 1. Los núcleos para la determinación de la resistencia a la compresión que contienen refuerzos pueden producir tanto valores superiores como inferiores de resistencia con respecto a los núcleos sin acero y por lo tanto deben evitarse si es posible o desbastarse para eliminar el refuerzo, utilizando una relación L/D de 1,00 ó mayor si se puede lograr.

5.2 EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS

Un espécimen de núcleo, tomado perpendicularmente a la superficie horizontal, debe localizarse en lo posible, de tal forma que su eje sea perpendicular a la base de concreto tal como fue colocado originalmente y lejos de las juntas formadas o bordes evidentes de diferentes elementos estructurales. Un espécimen tomado perpendicularmente a la superficie vertical, o perpendicular a una superficie con cierta inclinación, debe tomarse cerca a la mitad de un elemento cuando sea posible y lejos de las juntas formadas o bordes evidentes de diferentes elementos estructurales.

5.3 EXTRACCIÓN DE PLACAS

Se extrae una sección de placa lo suficientemente grande como para asegurar que los especímenes de ensayo deseados, estén libres de concreto que haya sido fisurado, descascarado, socavado o que presente otro tipo de daños.



6. LONGITUD DE LOS ESPECÍMENES DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS

6.1 DIÁMETRO MÍNIMO

Núcleos taladrados

Los núcleos para determinar el espesor de pavimentos, losas, paredes u otro elemento estructural, deberán tener un diámetro de al menos 3.75 pulg. (95 mm) cuando la longitud de cada núcleo es estipulada para ser medida de acuerdo con el Método de Ensayo C 174/ C 174M.

Núcleos para Resistencia a la Compresión

El diámetro del núcleo en este caso será de al menos 3.70 pulg (94 mm) para miembros estructurales portantes. Para miembros estructurales no portantes o con núcleos si relación longitud/diámetro (L/D) $X \geq 1$, el diámetro del núcleo será menor de 3.70 pulg. (94 mm) no son prohibitivos (Los núcleos con menores dimensiones son más sensibles). Para concreto con agregado de tamaño máximo nominal $X \geq 1 \frac{1}{2}$ pulg. (37.5 mm), el diámetro del núcleo será ordenado por el especificador de los ensayos (El diámetro del núcleo mínimo preferido es tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso y mínimo dos veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso).

6.2 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD

Longitud

La longitud del espécimen es entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro.



Dimensiones en milímetros

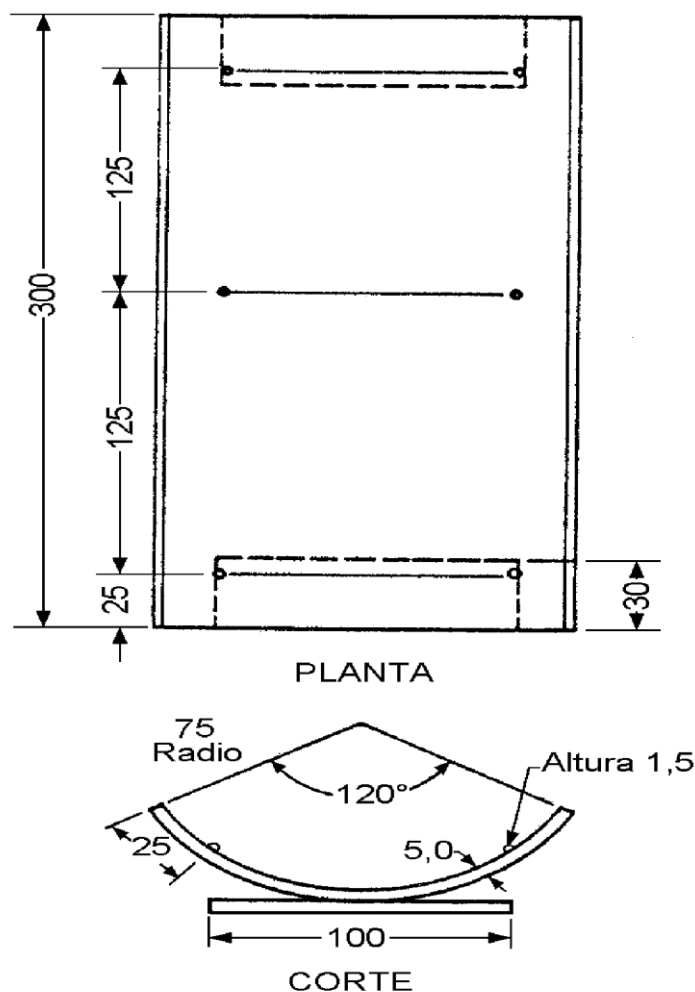


Figura 1. Aparato para refrentar especímenes para el ensayo de resistencia a la tracción indirecta

7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

7.1 PREPARACIÓN DE LAS BASES

Las bases del espécimen de núcleo que se ensaya a compresión deben ser lisas, perpendiculares al eje longitudinal y del mismo diámetro del cuerpo del espécimen. Si es necesario, se debe cortar o pulir los bordes de los especímenes hasta cumplir los siguientes requerimientos:



7.1.1 Las protuberancias o depresiones, si existen no deben exceder los 5 mm sobre la superficie de las bases.

7.1.2 Las bases no deben separarse de la perpendicularidad con el eje longitudinal en más de 5°.

7.1.3 Los diámetros de las bases no se deben apartar en más de 2,5 mm. del diámetro medio del espécimen.

7.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA HUMEDAD

En caso de que el concreto de la estructura vaya a estar seco durante las condiciones de servicio, los núcleos deben secarse al aire (entre 15 °C y 30 °C de temperatura y humedad relativa menor del 60%), durante 7 días antes del ensayo, y deben ensayarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los núcleos deben sumergirse en agua saturada con cal a $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ por lo menos durante 40 h, y ensayarse húmedos, para lo cual, durante el período entre la remoción del espécimen del almacenamiento de agua y el ensayo los especímenes se deben cubrir con cualquier material que prevenga la pérdida de humedad.

7.3.1 Cuando la autoridad encargada del proyecto así lo requiera, los núcleos pueden ensayarse en condiciones de humedad diferentes a las obtenidas por el acondicionamiento de acuerdo con el numeral 7.3, los factores de corrección longitud/diámetro mostrados en el numeral 7.7, son aplicables tanto al concreto seco como al concreto húmedo.

7.4 REFRENTADO

Antes de llevar a cabo el ensayo de compresión, refrente las bases de los especímenes de acuerdo con la Norma NTC 504. Las superficies refrentadas de los especímenes deben estar de acuerdo con los requerimientos de planitud de la NTC 1377. El Refrentado puede ser adherido con Azufre o no adherido con placas.

7.5 MEDICIONES

Antes del ensayo, se debe medir la longitud del espécimen refrentado con una precisión de 2,5 mm. y se debe usar esta longitud para calcular la relación longitud/diámetro. El diámetro medio se determina promediando 2 mediciones tomadas en ángulos rectos una a la otra, cerca de la altura media del espécimen. Se debe medir los diámetros del núcleo, en lo posible, con una aproximación de 0,25 mm, pero mínimo con una aproximación de 2,5 mm.

Nota 2. Muchos núcleos extraídos con taladros de percusión no son lo suficientemente lisos como para justificar mediciones de diámetros con una precisión superior a la de 2,5 mm.



7.6 ENSAYO

Para realizar este ensayo, se debe haber hecho previamente los cilindros de concreto a los que se les extraerá el núcleo como método de obtención de muestras y el ensayo se efectúa de acuerdo con la norma NTC 673.

7.7 CÁLCULOS

Se debe calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen usando el área de la sección transversal con base en el diámetro medio del espécimen.

7.7.1 Si la relación longitud/diámetro del espécimen excede de 2,10, se debe reducir la altura del espécimen para que esté dentro de los valores límites de la relación (1,94 a 2,10). Los especímenes con estas relaciones no requieren de corrección.

7.7.2 Si la relación entre la longitud y el diámetro del espécimen es menor de 1,94, se aplican los factores de corrección mostrados en la tabla siguiente:

Relación l/d	Factor de corrección de la resistencia
2,05	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Estos factores de corrección se aplican a concretos livianos, de pesos específicos entre 1 600 kg/m³ y 1 920 kg/m³ y para el concreto de peso específico normal, siendo aplicables tanto al concreto seco como el húmedo al momento de la carga. Los valores que no se han tabulado, pueden calcularse por interpolación. Los factores de corrección son aplicables para resistencias nominales del concreto entre 14 MPa y 42 MPa. Los factores de corrección dependen de varias condiciones como la resistencia y el módulo de elasticidad. En la tabla se presentan los valores medios de dichos factores.

INFORME

Se informan los resultados tal y como se dispone en la norma NTC 673, incluyendo la siguiente información:



7.8.1 Longitud del espécimen del ensayo antes y después del refrentado.

7.8.2 Resistencia a la compresión con aproximación a 100 KPa cuando el diámetro se mide con una precisión de 0,25 mm. y con una aproximación de 345 KPa cuando el diámetro se mida con una precisión de 2,5 mm., después de hacer la corrección de la relación longitud diámetro cuando se requiera.

7.8.3 Dirección de aplicación de la carga en el espécimen con respecto al plano horizontal en el cual se ha colocado el concreto.

7.8.4 La condición de humedad al momento del ensayo.

7.8.5 Tamaño máximo nominal del agregado del concreto.

7.9 PRECISIÓN

7.9.1 El coeficiente de variación en núcleos, para el caso de un único operario se ha estimado en 3,2% para un rango de resistencias a compresión entre 32 MPa y 48,3 MPa. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos llevados a cabo apropiadamente, sobre núcleos obtenidos de una misma muestra, por un mismo operario no deben diferir en sus valores medios por más del 9%.

7.9.2 El coeficiente de variación en los resultados sobre núcleos, para el caso de diferentes laboratorios, se ha encontrado que es igual al 4,7 % para un rango de resistencias a compresión entre 32,0 MPa y 48,3 MPa. Por tanto, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente, sobre núcleos obtenidos del mismo concreto endurecido (donde se define un ensayo simple como el promedio de dos observaciones (núcleos) cada una hecha en perforaciones adyacentes de 100 mm de diámetro), y ensayado por dos laboratorios diferentes, no deben diferir el uno del otro en más de un 13 % en relación con sus valores medios.

7.10 SESGO

Debido a que no se ha recibido un material de referencia apropiado para la determinación del sesgo en el procedimiento de esta norma, no se ha hecho ningún avance en cuanto al mismo.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).



- b. Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a los cilindros de concreto.
- c. Describa brevemente el comportamiento observado de cada una de las probetas desde el inicio de la carga hasta la falla.
- d. Concluya

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 504 Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C617)
- NTC 673 Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto. (ASTM C39)
- NTC 722 Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto. (ASTM C496)
- NTC 1000 Metrología. Sistema internacional de unidades. (ISO 1 000)
- NTC 1377 Elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio. (ASTM C192)



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
TRACCIÓN BARRAS DE ACERO	9

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Mecánica de materiales
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
N/A			

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad
Acero A 36 $\Phi 5/8"$ L= 45 cm	Varilla	1
Aluminio $\Phi 5/8"$ L= 45 cm	Varilla	1
Acero A 60 $\Phi 5/8"$ L= 45 cm	Varilla	1
Acero A 60 $\Phi 1/2"$ L= 45 cm	Varilla	1
Cobre $\Phi 5/8"$ L= 45 cm	Varilla	1
Bronce $\Phi 5/8"$ L= 45 cm	Varilla	1



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Extensómetro para barra de acero Digital	Unidad	1
Adaptador Extensómetro	Unidad	1
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1
Calibrador Pie de Rey Digital	Unidad	1
Maquina universal	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES		
Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS	
Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.	
Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:



Realizar y analizar la curva de esfuerzo vs deformación unitaria para materiales metálicos.

Específicos:

- Analizar el procedimiento realizado en el laboratorio para Ensayo a tracción de materiales metálicos.
- Graficar la curva de Esfuerzo versus Deformación unitaria de diferentes materiales.
- Analizar la curva Esfuerzo versus deformación unitaria para diferentes materiales.
- Determinar módulo de elasticidad y puntos característicos para cada material.
- Hallar los parámetros de energía de deformación en cada material.
- Diferenciar materiales dúctiles y frágiles.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

El ensayo se debe realizar a temperatura ambiente 10°C - 30°C. Los ensayos que funcionan de manera controlada por lo general adoptan una temperatura de 23°C ± 5°C

Definiciones

Longitud calibrada (L): Es la longitud de la sección cilíndrica a la cual se va a medir su elongación durante el ensayo.

Longitud calibrada inicial (Lo): Longitud antes de la aplicación de carga.

Longitud calibrada inicial (Lu): Longitud después del ensayo.

Longitud paralela (Lc): Longitud de la sección reducida.

Área de la sección transversal inicial: So medida en mm²

Área mínima de la sección transversal después de la rotura: Su medida en mm²

Porcentaje de reducción del área (Z):

$$\frac{S_0 - S_U}{S_0} \times 100 \quad \text{Ec.1}$$

Porcentaje de elongación después de la rotura (A):

$$\frac{L_U - L_0}{L_0} \times 100 \quad \text{Ec.2}$$

Para obtener los valores del porcentaje de elongación se deben juntar los pedazos, de modo que estén rectos, para medir la longitud calibrada final, se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con un margen de error de 0.1 mm y los porcentajes de elongación se deben aproximar al 0,5%. Esto solo se debe realizar si no se tiene un extensómetro.

Elongación: Alargamiento de la longitud calibrada inicial.

La longitud calibrada no debe ser menor de 20 mm

Conocimientos previos

- Diagramas de esfuerzo versus deformación unitaria.
- Ley de Hooke.
- Módulo de resiliencia y módulo de tenacidad.
- NTC 2 ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS.



METODOLOGÍA

PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA

1. Cada grupo se debe hacer cargo de ensayar la probeta de metal bajo supervisión del docente. Debe consultar velocidad de ensayo en la normatividad vigente y llenar la siguiente tabla

PROBETA NO.	MATERIAL	Long calibrada.	Longitud inicial entre marcas	Longitud final entre marcas	Diámetro inicial	Diámetro final
		mm	mm	mm	mm	mm
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Resistencia esperada:

2. Cada grupo debe realizar la curva esfuerzo vs deformación unitaria del material que le corresponde

Para metales:

- Gráfica esfuerzo vs deformación unitaria de los datos obtenidos durante el ensayo de laboratorio y Gráfica esfuerzos deformación unitaria corregida.
- Nombre de la gráfica indicando el material y ejes de la gráfica con correspondientes unidades.
- Línea que representa el módulo de elasticidad y su valor.
- Límite de proporcionalidad.
- Límite elástico.
- Límite de fluencia.
- Punto de endurecimiento por deformación.
- Resistencia máxima.
- Rotura de ingeniería.
- Rotura real.
- Área correspondiente a módulo de resiliencia y su valor.
- Área correspondiente a módulo de tenacidad y su valor.

Debe presentar una tabla indicando el esfuerzo y la deformación unitaria obtenidos en cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

Nota: En caso de utilizar extensómetro se deben utilizar estos datos.



REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Con base en lo realizado en el laboratorio describa brevemente el procedimiento realizado para el ensayo a probetas metálicas.
- Describa brevemente el comportamiento observado de cada una de las probetas desde el inicio de la carga hasta la falla.

2. Ensayo Estándar

Describa brevemente el ensayo estándar para la determinación de la curva real σ - ϵ de un acero y su módulo de elasticidad (norma NTC-02).

3. Curvas esfuerzo – deformación (σ - ϵ):

- A partir de las curvas carga – alargamiento obtenga la curva esfuerzo deformación (σ - ϵ) para cada probeta:
- Identificación de puntos característicos de la curva σ - ϵ :
 - Metales: Límite de proporcionalidad, límite de elasticidad y punto de fluencia.
Punto de inicio del endurecimiento.

Punto de carga máxima.

Punto de rotura de ingeniería.

Punto de rotura real (tome el área real)
- Módulos de elasticidad:
 - Metales: Parte lineal de la gráfica σ - ϵ , identificar la parte elástica recta y calcular la pendiente.

4. Análisis de resultados:

- Dibuje todas las curvas σ - ϵ en una sola gráfica y nombre cada material de acuerdo a su especificación en resistencia (Ej.: $f_y=240\text{MPa}$, $f_y=420\text{Mpa}$).
- Observando la curva σ - ϵ , defina a su criterio un parámetro que mida la ductilidad en un material y determínelo para cada material. Clasifique materiales dúctiles y frágiles.
- Calcule la deformación permanente total de cada material ϵ_{pT} de la curva esfuerzo deformación.
- Analice características de cada curva y compararlas con las demás. Concluya.

5. Energía de Deformación

Para cada curva σ - ϵ determine el módulo de Resiliencia y el módulo de Tenacidad. Compárela con las demás y concluya.

6. Errores cometidos:

Identificar errores cometidos durante el ensayo y sus implicaciones en la curva σ - ϵ . Qué importancia tiene en el ensayo la medición correcta de las deformaciones (uso del extensómetro de precisión).

7. Valores Típicos (libros de mecánica o resistencia de materiales):

Consulte los valores típicos de resistencia (punto de fluencia y esfuerzo máximo), ductilidad (elongación máxima) y módulo de elasticidad de cada material ensayado. Compare con los valores obtenidos en laboratorio. Concluya.



FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ICONTEC, 2018. NTC 2 ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS.
- Beer Ferdinand, Russell Johnston, DeWolf John, Mazurek David. Mecánica de materiales. 5 ed. México. McGraw-Hill. 2010.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FLEXIÓN SIMPLE EN VIGAS DE CONCRETO	10

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda	Unidad	1
Moldes de vigas	Unidad	1
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Baldes	Unidad	1
Maquina mezcladora	Unidad	1
Bascula	Unidad	1
Elemento superior de aplicación de carga en dos puntos	Unidad	1
LDVT	Unidad	1
ACPM	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS



General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).

Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

METODOLOGÍA

FLEXIÓN SIMPLE

CONSTRUCCIÓN DE LA VIGA DE PRUEBA:

se debe utilizar las formaleas de acero dispuestas en el laboratorio. la capa interior del molde se le aplica una capa de aceite aislante (o en su defecto ACPM), se prepara la mezcla de concreto a mano, luego se llenan los respectivos moldes con palustres a tres capas, compactándolos con la varilla 5/8 punta redonda, dejando a ras con el palustre. Se procede a cubrir con papel aluminio, para el respectivo curado, permitiendo que los granos del cemento se hidraten por completo.

Cuando se desmolda, se revisa posibles fracturas y se lleva la viga a la piscina de curado durante 28 días, pasado este tiempo se saca, lava y seca, para el respectivo ensayo.

ENSAYO DE LA MUESTRA:

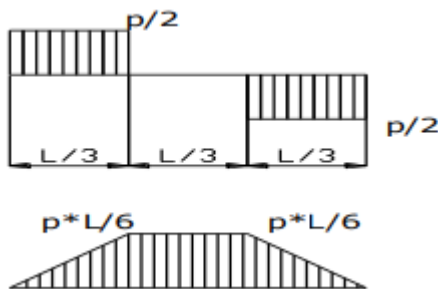
se centra el sistema de reacción, de tal forma que el momento máximo se genere en el tercio central de la viga, donde el cortante es cero. En la maquina es introducido el espécimen.

La carga debe aplicarse rápidamente hasta alcanzar un 50% del valor máximo calculado de la misma, posteriormente se sigue un incremento de la carga, de manera que genere un incremento de esfuerzo de 860kpa/min hasta 1200kpa/min en las fibras centrales más alejadas:

RESULTADOS:

Una vez aplicada la carga a las tres muestras podemos observar lo satisfactorio del proceso, obteniendo óptimos resultados en los tercios medios de cada espécimen donde el momento es máximo, mostrando el tipo de falla, y el lugar más frágil del elemento por donde colapso.

Estimación del valor del módulo de rotura de la viga con la ecuación:



$\sigma = \frac{M*y}{I}$ Para la fibra más alejada del centro en la zona de tensión se tiene:

$$M = \frac{p}{2} * \frac{L}{3}, \quad c = y = \frac{d}{2}, \quad I = \frac{b*d^3}{12} \quad \text{Entonces } S = I/c = ?$$

Reemplazando:

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{p*L/6l}{6b*h^2/l} = ? \quad \text{Este es el valor de la resistencia a Tensión por flexión}$$

Para tener una idea de la magnitud de la carga P de falla durante el ensayo, se iguala este valor con la resistencia a tensión de las NSR-10 (Usar la ecuación en MPa)

$$M_r = ? * \sqrt{f_c} = \frac{P * L}{b * d^2} \Rightarrow P =$$

Este es valor aproximado al cual debe fallar la viga, con las consideraciones de unidades pertinentes. Para este caso, f c en kg/ cm 2.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo.
- Describe brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Ensayo Estándar

Describe brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero. Concluya.

4. Conclusiones



FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FLEXIÓN DE VIGA DOBLEMENTE REFORZADA	11

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concreto
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS			
Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	
Arena		Kg	
Grava		Kg	
Agua		L	
Materiales y Consumibles		Unidad	Cantidad
Varillas de acero para estribos y refuerzo longitudinal		1	
Equipos y Accesorios		unidad	Cantidad



Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda (o vibrador de concreto)	Unidad	1
Moldes de vigas	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	2
Maquina mezcladora	Unidad	1
Bascula	Unidad	1
Baldes	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).



Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto reforzado.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Demostración de flexión en vigas reforzadas.

METODOLOGÍA

COMPORTAMIENTO DE UNA VIGA DOBLEMENTE REFORZADA SOMETIDA A CARGA HASTA LA FALLA

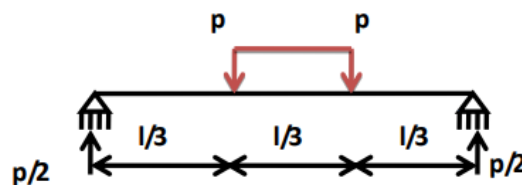
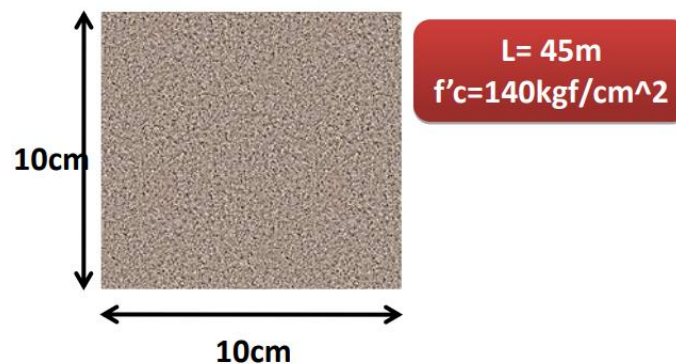
Se realiza el diseño de mezclas para una viga que va a trabajar con una resistencia a la compresión (f'_c) de 140 kgf/cm². Con los cálculos correspondientes al pre diseño y las dimensiones de las formaletas se realiza el armado del refuerzo, tanto transversal como longitudinal. Se funden las vigas a fallar, estas deben vibrarse, para evitar la incorporación de aire.

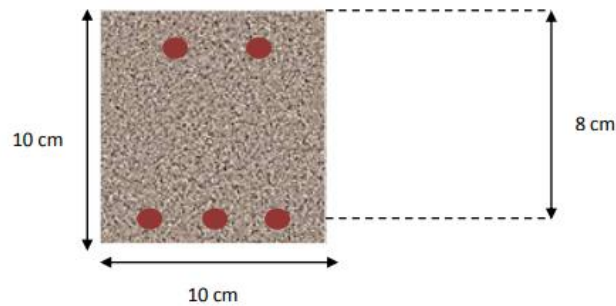
A las 24 horas se desencofra las vigas y se lleva a la piscina de curado. Antes de la prueba de las vigas estas deben sacarse de la piscina 24 horas antes del ensayo.

ENSAYO:

La viga se ubica en la máquina de compresión, se ajusta y se aplica carga hasta conseguir la falla.

CALCULOS





- Suponga una cuantía mayor a la balanceada.
- Escoja el área de acero equivalente.
- Halle el momento resistente. Calcule el acero a la compresión
- Iguale el momento flector PL/6, halle la carga esperada de falla.
- Escoja una carga un poco mayor a la obtenida en el paso anterior y calcule la fuerza cortante correspondiente en el diagrama de cortante.
- Diseñe los estribos para que la viga no falle por fuerza cortante.
- Haga las verificaciones finales y obtenga los planos de diseño con los que se elaborarán las probetas.

REVISIÓN

Acero a tensión

Acero a compresión

$$\rho_{neta} < \rho_b \rightarrow f_s = f_y$$

$$\rho_{min} = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 - f_y} \times \frac{d'}{d} = \frac{0.85 \times 14 \text{ Mpa}}{280 \text{ Mpa}} \times \frac{600}{600 - 280} \times \frac{2}{8} = 0.01992$$

$$\rho_{max} > \rho_{neta} < \rho_{min} \rightarrow 0.018 > 0.01782 < 0.01992$$

Decidir si el ensayo fluye

$$C = T$$

$$\Phi 0.85 f'_c (b a - A'_s) + \Phi A'_s f'_s = \Phi A_s f_y$$

$$0.85 f'_c (b a - A'_s) + A'_s 600 \frac{(c - d')}{c} = A_s f_y$$

$$\alpha = \beta_1 c \text{ Hallar } c \text{ y } a$$

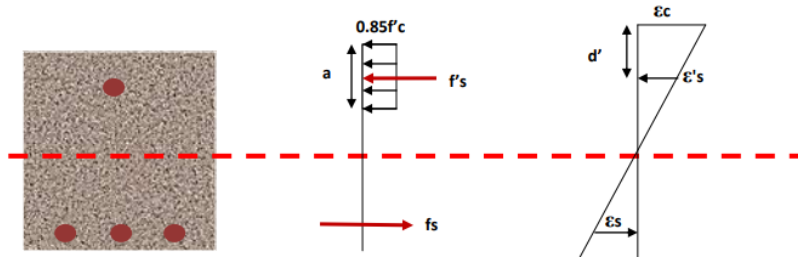
$$F'_c$$

Momento resistente

$$\Phi \times 0.85 f'_c \times b \times a \left(d - \frac{a}{2} \right) - \Phi A'_s 0.85 \times f'_c (d - d') + \Phi A'_s f'_s (d - d')$$



$$M=PL/6$$



REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo.
- Describe brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero.

3. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Colombiana de ingeniería sísmica (2010) Título C- concreto estructural (3ra ed.) [Online].Available: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FALLA POR CORTANTE EN VIGUETA ESTANDAR DE CONCRETO REFORZADO A FLEXIÓN SIMPLE	12

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	
Arena		Kg	
Grava		Kg	
Agua		L	
Aceite (o en su defecto ACPM)			

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de compresión de Cilindros y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda (ó vibrador de concreto)	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Martillo	Unidad	1
Baldes	Unidad	1
Maquina mezcladora	Unidad	1
Beaker	Unidad	1
Probeta	Unidad	1
Bascula	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:



Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).

Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Demostración de flexión en vigas.

METODOLOGÍA

ENSAYO PARA FALLA POR CORTANTE EN VIGUETA ESTANDAR DE CONCRETO REFORZADO A FLEXION SIMPLE

Análisis del comportamiento de una vigueta estándar con relación a la resistencia al refuerzo cortante,

Procedimiento:

- Construya tres viguetas de 15x15x50 cm.
- Coloque acero de refuerzo que garantice un recubrimiento de 2 cm, para esta actividad se puede usar soportes transversales que se apoyen en la parte superior de la formaleta, siempre que la cuantía este en medio de la mínima y la máxima o con alambres cortos en forma de gancho.
- Vacíe la mezcla en los moldes, observe que la posición de las varillas no se altere. Compacte con la varilla de compactación. Tenga en cuenta que la mezcla se vierte en tres capas.
- Se enraza y pule las superficies de las viguetas con el uso del palustre teniendo el cuidado de sacar el excedente de agua presente en la superficie y de allanar las imperfecciones e irregularidades que ésta presente.
- Se cubre la superficie de la formaleta con plástico o papel aluminio. Luego se desencofra a las 24 horas y se somete a curado por 28 horas.
- Antes de la prueba se seca la vigueta y se mide sus dimensiones.
- Se somete a carga progresiva hasta la falla, registrando dicho dato y verificando el tipo de falla.
- Caracterización de la grieta.

Luego del ensayo se verifican las distancias a partir del extremo más cercano a la grieta, tanto la parte superior como en la parte inferior, así también como la carga para la cual falla la vigueta registrándose todo esto en el siguiente formato.

ENSAYO #	CARGA (KN)	DISTANCIA DE LA FISURA AL EXTREMO MAS CERCANO	
		PARTE INFERIOR (cm)	Parte superior (cm)



CALCULOS

Para el diseño de las probetas a ensayar utilizamos n varillas de diámetro, para lo cual calculamos el área transversal de acero existente. Con este dato se puede calcular la cuantía (ρ) utilizando un recubrimiento de 2 cm, el peralte efectivo d es igual a $\rho = \frac{A_s}{bd}$

Para verificar que la cuantía se encuentre entre la cuantía mínima (ρ_{min}) y la cuantía máxima (ρ_{Max}), utilizando una resistencia máxima a la compresión a los 28 días (f'_c) supuesta la cual fue de n Kg/cm² y un punto de fluencia del acero de n Kg/cm² reemplazando en la ecuación de cuantía balanceada.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6000}{6000 + f_y}$$

Con un $\beta_1 = 0.85$, debido a que la resistencia máxima a la compresión a los 28 días (f'_c) es menor que 280 Kg/cm² para lo cual tenemos:

A continuación se calcula la cuantía mínima (ρ_{min}) y la cuantía máxima ($\rho_{máx}$), las cuales están dadas por:

Con estos datos podemos deducir que la cuantía se encuentra entre la mínima y la máxima ($\rho_{min} < \rho < \rho_{máx}$). Como nos encontramos en una etapa de diseño se puede hacer la suposición de que el momento último (M_u) que resiste la viga será igual al momento nominal (M_n). De lo anterior tenemos que:

$$M_u = M_n = \rho \times f_y \times bd^2 \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c} \right)$$

Como el ensayo está diseñado para aplicar una carga que se divide en dos cargas puntuales de igual magnitud ($P/2$), las cuales se aplican a una distancia de ($L/3$) a partir de los apoyos, el momento máximo generado bajo estas condiciones es igual al momento ultimo (M_u) que resiste la viga, de lo cual:

$$M_u = \frac{Pl}{6}$$

De donde P es la carga aplicada que produce dicho momento y L es la distancia entre los apoyos la cual fue de 45 cm.

$$P = \frac{6M_u}{l}$$

Como se sabe, para las condiciones descritas anteriormente el máximo valor del cortante corresponde a la mitad de la carga P.

$$V_{máx} = \frac{p}{2}$$

La magnitud de la carga P corresponde al valor para el cual la vigueta fallaría por flexión. Es necesario conocer el valor de la fuerza cortante que resiste el concreto, el cual se encuentra con la siguiente fórmula:



$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd$$

Lo que corresponde a:

$$V_c = \frac{p}{2}$$

De donde

$$p = 2V_c$$

Como se puede observar el valor de la carga P necesaria para que la vigueta falle por flexión es mucho mayor que el necesario para que el concreto falle por cortante. Con lo anterior se garantiza que la vigueta falle primero por cortante que por flexión lo cual es el objetivo de este ensayo. Ahora los cálculos que se deben llevar a cabo luego de la obtención de los resultados del ensayo son las siguientes:

1. con el dato obtenido en el ensayo de compresión simple de f'_c a los 28 días se realizan los cálculos de:
 - cuantía balanceada:

$$\rho_b = \beta_1 \times 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

Con f'_c y f_y en Kg / Cm² y $\beta_1 = 0.85$ si $f'_c \leq 280$

- Cuantía mínima:
- Cuantía máxima

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.75\rho_b$$

2. se obtiene el momento último teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$Mu = Mn = \rho \times f_y \times bd^2 \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

3. calculo de la carga P necesaria para la falla por flexión:

$$p = \frac{6Mu}{L} \quad L=50 \text{ cm}$$

4. la fuerza cortante resistido por el concreto (aproximado) se debe calcular así:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}bd \quad f'c \rightarrow \text{kg/cm}^2$$

5. la carga necesaria producir dicha fuerza cortante Vc en el concreto es:

$$P_{m\acute{a}x} = 2V_c$$

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- a. Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- b. Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- c. Describa brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.



2. Ensayo Estándar

Describa brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Colombiana de ingeniería sísmica (2010) Título C- concreto estructural (3ra ed.) [Online].Available: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FALLA POR APLASTAMIENTO	13

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	-
Arena		Kg	-
Grava		Kg	-
Agua		L	-

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla compactadora o vibrador	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
balde	Unidad	1
Maquina mezcladora	Unidad	1
Bascula	Unidad	1
Beaker o probeta de plástico	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).



Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Demostración de flexión en vigas.
- Análisis de la estructura en régimen plástico.

METODOLOGÍA

ENSAYO PARA FALLA POR APLASTAMIENTO DEL CONCRETO EN VIGUETAS

Teniendo el F_c y F_y las dimensiones de la viga, y las recomendaciones de la NSR-98, se determinan los diámetros de acero longitudinal para la viga estándar con cuantía mayor que la balanceada.

PROCEDIMIENTO

- Lo primero que se debe hacer es preparar los moldes, con una capa de aceite para que el concreto no se pegue.
- Se procede a realizar la mezcla, antes del vertimiento de la mezcla se colocan los aceros, el concreto se vierte en la probeta de tal forma que quede libre de vacíos, evitando la porosidad y la pérdida de resistencia.
- Se cubre con papel aluminio, al pasar 24 horas se desencofra y se introduce a la piscina por 28 días (curado).
- A los 14 días se somete la vigueta a la carga P encontrada con los parámetros de diseño, para comprobar si la falla ocurre por aplastamiento (deformación en el concreto 0,003).

CALCULOS

Según NSR-98 (sección c, 7.7,1)

$$r=2 \text{ cm}$$

$$d=10-r-d_{be}-\frac{1}{2}d_b(\text{cm})$$

$$s=\frac{10-2r-2d_e-n_v d_b}{n_v-1} >$$

Según NSR-98 (sección 76)



$S \geq 2,5 \text{ cm}$

$S \geq 1,33$ veces el tamaño máximo del agregado

$S \geq$ Diámetro de la mayor barra d_b

1. $F'c = 14 \text{ Mpa}$

$F_y = 280 \text{ Mpa}$ en cuál refuerzo

$F_y = 420 \text{ Mpa}$ en cuál refuerzo

2. Según NSR-10 (sección c, 10,2,2,1) Revisar qué se quiere plantear aquí

Para luces simples:

$H/L > 4/5$

$10/45 = 0,222$ y $4/5 = 0,8$ (CUMPLE) "las deformaciones no son lineales"

Según NSR-10 (sección c.10.4.1)

3. Para controlar la esbeltez y proporcionar rigidez a la viga.

$h/2 \leq b \leq h$ (CUMPLE)

4. Para la estabilidad lateral.

$b \geq L/50$

$10 > 45/50 = 0,9$ (CUMPLE)

CÁLCULO DE LA CUANTIA BALANCEADA

$p_b = 0,85 * \beta * f'c / f_y * (600/600 + f_y)$

Como la falla es por aplastamiento del concreto, $\rho \geq p_b$.

Se selecciona $k_{pb} > \rho =$

$A_s = \rho * b * d$

Se conoce d.

Se supone que el acero para cortante es #2.

$d_{be} =$

si $r = 2 \text{ cm}$, $d_{be} = 0,635$.

$d = 0,73 \text{ cm}$. Se puede utilizar barras #2 para el acero longitudinal.

$A_s = \text{cm}^2$

Para suplir el A_s se necesitan varillas de \ o #.

$S =$

$\rho =$

CÁLCULO DE c

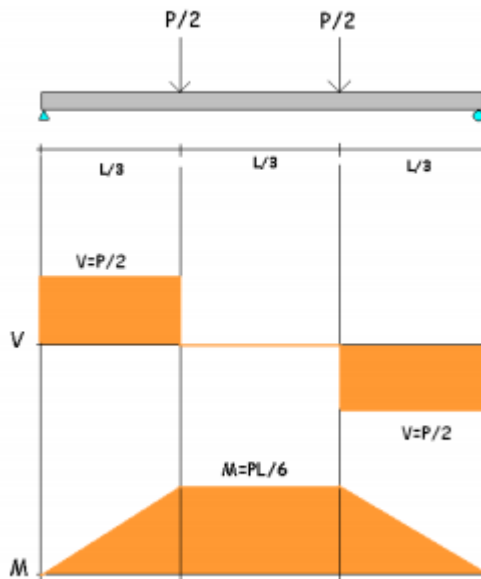
Para un $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ $b = 10$ $d = 7$ $E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$



$$((0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b) \cdot c^2) / A_s + (E_s \cdot \epsilon_{cu}) \cdot c - E_s \cdot \epsilon_{cu} \cdot d = 0$$

$$C = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-600 \pm \sqrt{(6000 \pm 4 \times 887,28 \times 42000)}}{2 \times 887,28} = cm$$

a=cm



$M_n = kN \cdot cm$

$M_n = M_{act} =$

Se iguala $a = PL/6$ para obtener la carga de falla esperada durante el ensayo

$P = kN$

NOTA: esto para f_c de 17,5 que es el máximo esperado.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo.
- Describe brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.



2. Ensayo Estándar

Describa brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- a. Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- b. Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- c. Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FALLA DUCTIL	14

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concreto
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

[illegible]

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	-
Arena		Kg	-
Grava		Kg	-
Agua		L	-
Aceite (ó en su defecto ACPM)		L	-

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda (ó vibrador de concreto)	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Martillo	Unidad	1
Maquina mezcladora	Unidad	1
Vibrador	Unidad	1
Bascula	Unidad	1
Baldes	Unidad	1
Beaker o probetas	Unidad	1
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1
Cono Slum o de Abrams	Unidad	1
Flexómetros	Unidad	1
Cucharón	Unidad	1
Lámina metálica plana para el cono Slum	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	



Otros: Gafas de seguridad

X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).

Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

METODOLOGÍA

ENSAYO FALLA DUCTIL EN VIGUETAS

PROCEDIMIENTO

- Se diseña una viga de dimensiones (10x10x50).
- La mezcla debe tener una resistencia al concreto de $f'c=4200\text{kg/cm}^2$
- Se calcula la cuantía mínima, balanceada y la máxima para así poder establecer el criterio del diseño del ensayo que corresponda, la cuantía del acero debe estar entre la mínima y máxima y por debajo de la cuantía balanceada para garantizar que la falla sea por fluencia.



- Teniendo la cuantía requerida; se calcula el diámetro y el número de varillas a utilizar para refuerzo en cuanto a flexión.
- Se calcula el momento nominal, el cual va a ser el mismo momento resistente con el que se diseña la viga para así obtener la carga o la fuerza que debe resistir la viga.
- Para garantizar que la viga quede reforzada adecuadamente a cortante debemos calcular la separación de los estribos.
- Una vez obtenido los parámetros de diseño del ensayo se continua con la preparación de la mezcla y su respectivo encoframiento para esto hay que tener en cuenta lo siguiente:
- Vaciar el concreto lo más rápido posible, sin que se produzcan perdidas, teniendo en cuenta el espaciamiento entre barras y el tamaño de los agregados.
- Vibrar y compactar el concreto, así como también adecuar el vaciado a la geometría de la formaleta a utilizar.
- Realizar el desencoframiento a los tres días de fundido.
- Realizar el curado durante tres semanas luego de desencofrar.
- Realización del ensayo a los 28 días.

CALCULOS

$$f'c = 21\text{MPa} \quad f_y = 240\text{MPa}$$

Determinamos la cuantía requerida

$$\rho_{\min} = (0.8 \sqrt{f'c}) / 25$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.85 \beta_1 (f'c / f_y) (6000 / 6000 + f_y)$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_{\text{bal}} = 0.06$$

Utilizando varillas # (") se tiene que:

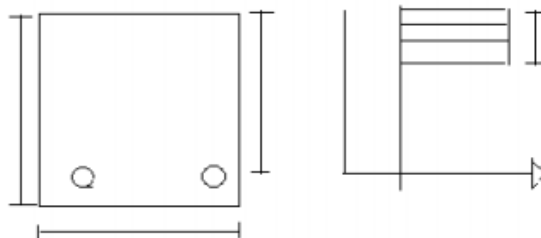
$$d = AV = \pi d^2 / 4 = \pi$$

Tomando N varillas se tiene: $A_s =$

$$\rho = A_s / bd = > \rho =$$

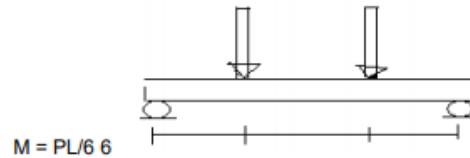
Luego la cuantía cumple que $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow$ Como la falla es por fluencia:

$$f_s = f_y \quad a = (A_s f_y) / (0.85 f'c b) = m \quad \text{(Mejorar estos esquemas señalando los valores o fórmulas)}$$



$$M_n = A_s f_y (d - a/2) = \text{kN-cm}$$

$$M_R = M_n =$$



$P =$

Hay que asegurar que no falle por cortante

$V = p/2 = \Phi V_c + \Phi V_s$ o $V = V_c + V_s$

Pero primero debemos asegurarnos si necesita refuerzo a cortante

$T_{max} = V_{max}/bd$ MPa

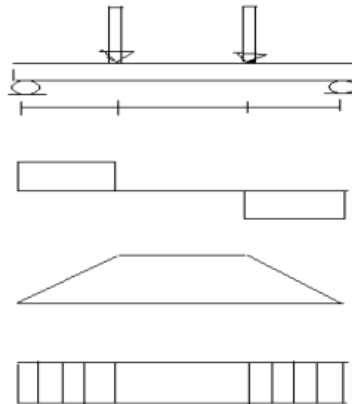
ΦV_c

Si es necesario reforzarlo a cortante

Tomando $S =$ utilizando estribos rectangulares de (")

$V = V_c + V_s \Rightarrow P/2 = 0.53 \sqrt{f'_c} b d + (d/S) A_v f_y$

$P/2 \Rightarrow P_{cort} = P_{cor} = KN$



(Mejorar estos esquemas señalando valores o fórmulas)

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- Describe brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Ensayo Estándar

Describe brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones



FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
ENSAYO VIGA "T"	15

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	-
Arena		Kg	-
Agua		L	-
Grava		Kg	-
Aceite (ó en su defecto ACPM)		L	-

Materiales y Consumibles	Unidad	Cantidad
Madera para formaleatas	m	-
Varillas de acero	m	-
Alambre negro de construcción	Unid	-
Papel protector impermeable	Unid	-



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda o vibrador	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Martillo	Unidad	1
Aparato de medición de aire	Unidad	1
Maquina mezcladora	Unidad	1
Bascula	Unidad	1
Balde	Unidad	1
Beaker o probeta	Unidad	1
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1
Cono Slum o de Abrams	Unidad	1
Flexómetros	Unidad	1
Cucharón	Unidad	1
Lámina metálica plana para el cono Slum	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	



Otros: Gafas de seguridad

X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).

Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).
- Demostración de flexión en vigas en el rango elástico.
- Ensayos a compresión de cilindros de concreto y resistencia última.

METODOLOGÍA

ENSAYO PARA FALLA FRÁGIL Y FALLA DÚCTIL EN UNA VIGA T

PROCEDIMIENTO

- Diseñar una viga T de dimensiones ((H=10; be=12 ; bn=8; t=3) cm con resistencia de $f'c = 140 \text{ Kg/cm}$ y $fy = 2800 \text{ Kg/cm}$.



- Calcule los parámetros de diseño (cuantía mínima, máxima, y balanceada) tal que la cuantía de diseño se encuentre entre la cuantía mínima y la máxima.

$$\rho_{bal} = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{máx} = 0.75\rho_{bal}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y}$$

- A partir del área de acero se calcula la cuantía de diseño.

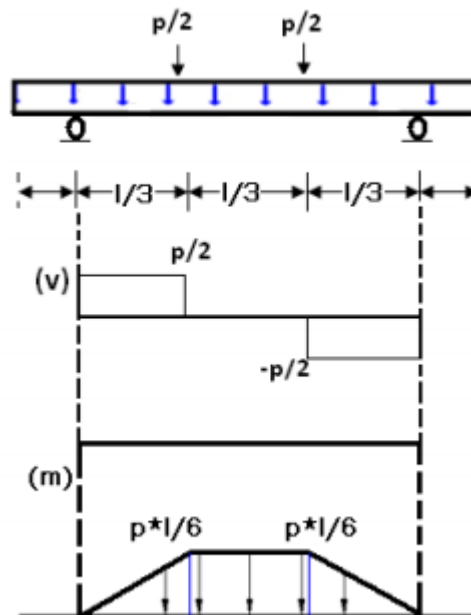
$$\rho_{dis} = \frac{A_s}{b \times d}$$

Se calcula el momento resistente el cual va a ser igual al momento actuante estableciendo así la carga que debe resistir la viga:

$$M_r = \phi \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

El factor de resistencia no se tiene en cuenta por ser un ensayo de laboratorio.

Como se debe asegurar que la viga no falle por cortante se calcula los esfuerzos cortantes actuantes y resistentes para verificar si necesita estribos.



$$V_{máx} = \frac{p}{2}$$



$$T_{m\acute{a}x} = \frac{V_{max}}{b \times d}$$

$$\phi V_{concreto} = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times d$$

Si $\phi V_{concreto} < V_{m\acute{a}x}$ entonces necesitas estribos

Se verifica mediante las ecuaciones establecidas que la falla se producirá solo por fluencia y no por cortante.

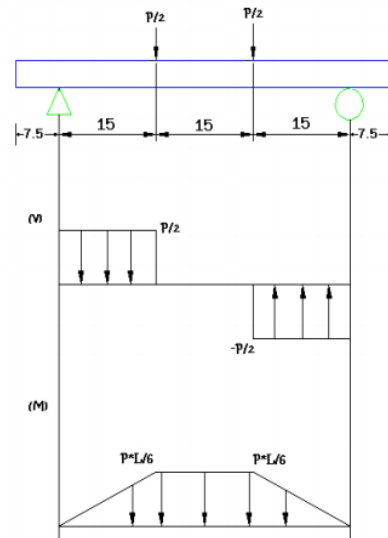
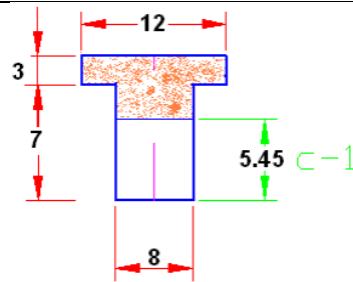
Después de haber realizado el diseño de la viga se procede con la preparación de la mezcla y el encoframiento de los materiales teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Lubricar las paredes de las formaletas de las vigas. para evitar su adherencia con el concreto y evitar descascaramiento al momento de desencofrarlas.
- Vaciar una pequeña capa de concreto con un espesor que garantice el recubrimiento mínimo. Inmediatamente, ubicar centradamente la armadura de acero y finalmente cubrir esta con el vaciado del concreto rápidamente para evitar segregaciones vibrando y asegurándose, que la armadura no se mueva.
- Con ayuda del palustre alisar la superficie de la viga y dejarla al ras del encofrado, cubrir con papel aluminio para evitar la pérdida de humedad y por consiguiente porosidades en la vigueta.



- Realizar el desencoframiento a las 24 horas de fundido y sumergirlo en agua para el curado durante 28 días.
- Realizar el ensayo a los 28 días teniendo en cuenta que la probeta esta seca y no presente deformaciones evidentes en su geometría.

MEMORIAS DE CALCULOS (ANTES DEL ENSAYO)



$$F'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el material homogéneo entonces tenemos: $\sigma = M\check{y}/I$ $M = \sigma * I / \check{y}$

$$\check{y} = \frac{\sum A_i \times Y_i}{A_t}$$

$$I_{cy} = \frac{\left(b \times \frac{h^3}{12}\right)}{12} + A \times d^2$$

$$\sigma_c = 0.45 \times f'_c = 63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 2.21 \times \sqrt{f'_c} = 26.15 \text{ kg/cm}^2$$

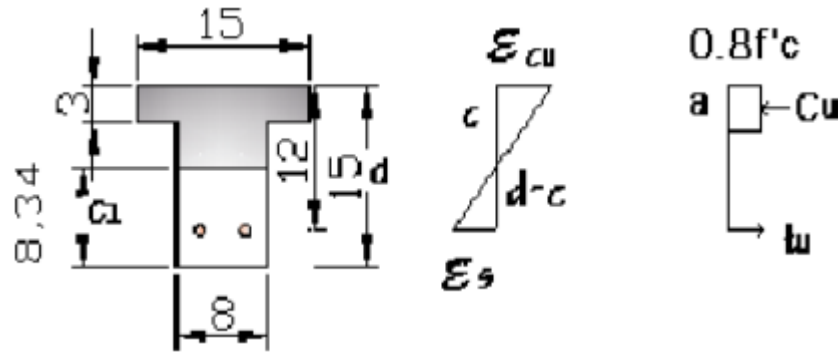
Usar ecuaciones en el SI (Sistema internacional)

$$M_c = \frac{\sigma_c \times I}{\check{y}_2}$$

$$M_c = \frac{\sigma_t \times I}{\check{y}_1}$$

p_c = Obtener la carga de falla para la zona de compresión

p_t = a tensión indicar calculos



$$f'c = 140 \text{ kg/cm}_2$$

$$fy = 4200 \text{ kg/cm}_2$$

Se asume inicialmente un área de acero equivalente a (//)

$$As = cm_2$$

- Para las aletas tenemos: C=T

$$0.85f'c \cdot t \cdot (be - bn) = Asa \cdot fy$$

$$Asa = \frac{0.85 \times f'c \times t \times (be - bn)}{fy}$$

$$Asa =$$

$$Mr = 0.85f'c \cdot t \cdot (be - bn) \cdot (d - t/2)$$

$$Mr \text{ kN-cm}$$

Con este valor se obtiene la carga de falla esperada durante el ensayo

$$P = 6 \cdot Mr / L = \frac{6 \times 26239.5 \text{ kg-cm}}{45 \text{ cm}} = 3.5 \text{ ton}$$

- Para el nervio=

$$Asn = As - Asa$$

$$Asn \text{ cm}_2$$

$$C = T$$

$$0.85f'c \cdot a \cdot bn = Asn \cdot fy$$

$$a =$$

$$a = , a > t$$

$$Mr = 0.85f'c \cdot a \cdot bn \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$Mr =$$

$$P = 6 \times \frac{Mr}{L} = \frac{6 \times 35276.55 \text{ kg-cm}}{45 \text{ cm}}$$

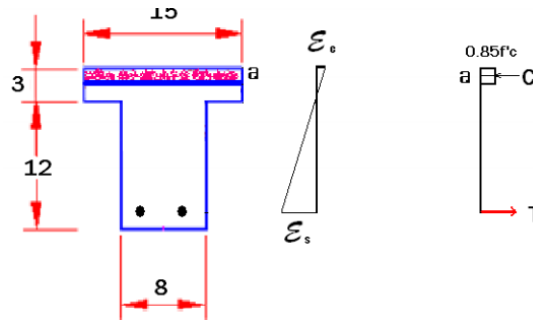


$$P = \text{KN}$$

$$P_t = kN$$

Con esta carga se ha superado la capacidad de la maquina

Segundo pre diseño



$$a = 1.86 \text{ cm}$$

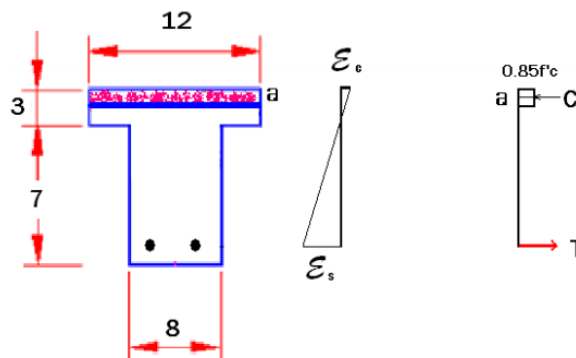
$$c = \frac{1.86}{0.85} = 2.18 \text{ cm}$$

$$Mr = 0.85f'_c b_e a \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$P = kN$$

Este valor es muy cercano a la capacidad de la maquina por lo que este diseño conlleva a cambiar las dimensiones de la viga.

Tercer pre diseño



$$C = T$$

$$0.85f'_c ab = A_s f_y$$

$$a = \text{ y } c =$$

$$Mr = 0.85f'_c b_e a \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$P =$$



$$\rho = \frac{0.8\sqrt{f'c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} \quad 0.003 < 0.005 \quad \rho_{min} = 0.005$$

$$\rho_d = \frac{A_s}{b \times d} \quad \rho_d = \frac{0.633}{12 \times 8} \quad \rho_d = 0.0065$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \times 0.85 \times \frac{140}{2800} \times \frac{6000}{6000 + 2800}$$

$$\rho_{max} = 0.0184$$

$$\rho_{min} < \rho_d < \rho_{max} \quad ok$$

$$Vr = \frac{P}{2} = \frac{2.5 \text{ ton}}{2} = 1.25 \text{ ton}$$

$$Vc = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times d \quad \text{Usar SI}$$

$$Vr = Vc + Vs$$

$$Vs = Vr - Vc$$

$$Vs =$$

- Lo máximo a lo cual a lo cual puede trabajar el acero a cortante es:

$$2.21\sqrt{f'c} \times b \times d \quad \text{Usar SI}$$

- Condición de separación según la norma:

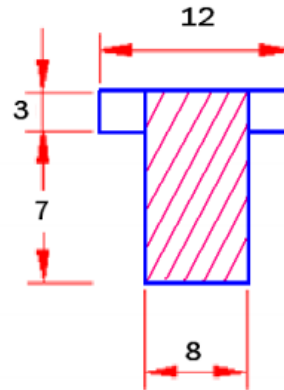
$$s \leq \left\{ \begin{array}{c} \frac{d}{2} \\ 60 \text{ cm} \\ \frac{d}{4} \text{ si } Vs > 1.1\sqrt{f'c} \times b \times d \end{array} \right\}$$

$$Vs =$$

Como Vs

Entonces la distancia mínima que debemos tomar es $\frac{d}{4} = 2 \text{ cm}$. Sin embargo se debe tener en cuenta que para esta separación se pueden presentar problemas con la granulometría de los agregados entonces se emplea $d/2$

- En las vigas T los esfuerzos a cortante son absorbidos por el nervio y un mínimo valor por las aletas que es despreciable.



- Suponemos un área de acero para estribos $\phi=3/16''$ para mirar cuanto resiste a cortante.

$$A_v = 0.178 \text{ cm}^2 \text{ o } 0.125 \text{ cm}^2 \text{ para } d=4 \text{ mm}$$

$$V_r = V_c + V_s$$

$$V_r = 0.53\sqrt{f'_c} \times b \times d + \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = V_u = \frac{p}{2}$$

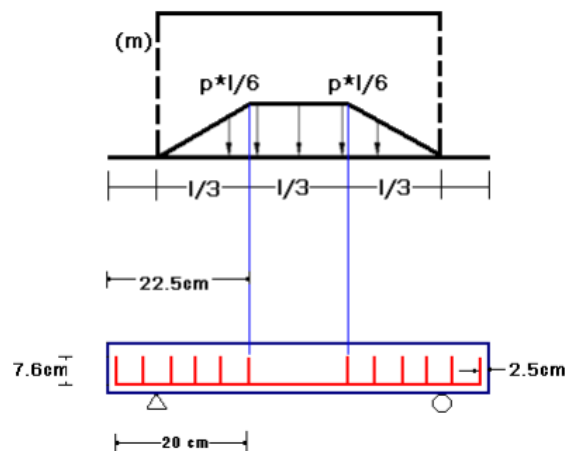
$$P_v = 2V_r \geq P_m$$

Bien?

- Longitud de desarrollo:

$$L = d$$

Se toma como longitud de desarrollo cm.



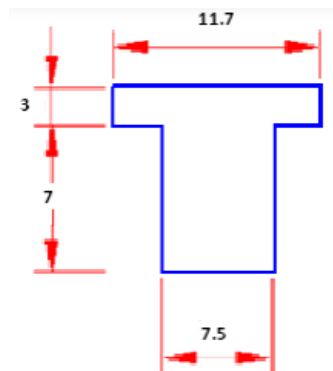
MEMORIAS DE CÁLCULOS (después de realizar los ensayos)

Se obtuvo f'_c = MPa proveniente del diseño de mezcla a los 14 días de fundición.

Vigueta # 1 (sin refuerzo)



L=60 cm



$$f'_c = 93.66 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el material homogéneo entonces tenemos:

$$\sigma = M \cdot \tilde{y} / I$$

$$M = \sigma \cdot I / \tilde{y}$$

$$\tilde{y} = \frac{\sum A_i \times Y_i}{A_t}$$

$$\bar{y} = \frac{7.5 \times 7 \times 3.5 + 11.7 \times 3 \times 8.5}{7.5 \times 7 + 11.7 \times 3} = 5.50 \text{ cm}$$

$$C_1 = 5.50$$

$$C_2 = 4.50$$

$$I_{cy} = \frac{\left(b \times \frac{h^3}{12}\right)}{12} + A \times d^2$$

$$\sigma_c = 0.45 \times f'_c = 42.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 2.21 \times \sqrt{f'_c} = 21.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_c = \sigma_c \cdot I / \tilde{y}_2$$

$$M_t = \sigma_t \cdot I / \tilde{y}_1$$

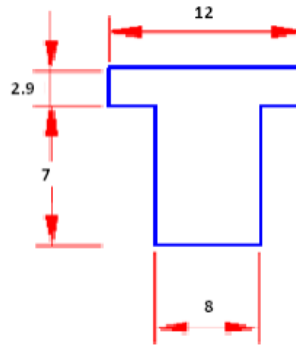
Pc

Pt

Carga soportada por la viga = kN

Vigueta # 2 (sin refuerzo)

L = 60 cm



$$f'_c = 93.66 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el material homogéneo entonces tenemos:

$$\sigma = M \cdot y / I$$

$$M = \sigma \cdot I / y$$

$$y = \frac{\sum A_i \times Y_i}{A_t}$$

$$I_{cy} = \frac{\left(b \times \frac{h^3}{12}\right)}{12} + A \times d^2$$

$$\sigma_c = 0.45 \times f'_c = 42.14 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{SI}$$

$$\sigma_t = 2.21 \times \sqrt{f'_c} = 21.39 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{SI}$$

$$M_c = \sigma_c \cdot I / y_2$$

$$M_t = \sigma_t \cdot I / y_1$$

$$p_c = 733.35 \text{ kg} = 0.73 \text{ ton}$$

$$p_t = 317.19 \text{ kg} = 0.317 \text{ ton}$$

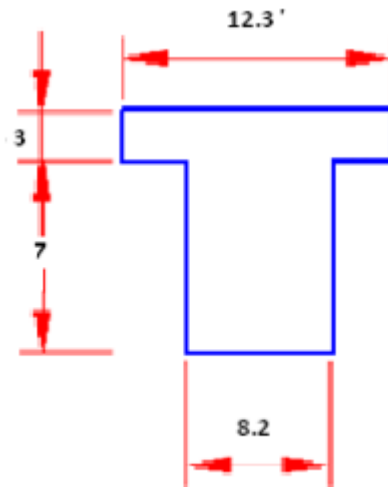
Carga soportada por la vigueta kN

Vigueta # 3 (con refuerzo)

$$L = 60.5 \text{ cm}$$

$$F_Y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_c = \text{kg/cm}^2$$



C = T

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} \quad 0.003 < 0.005 \quad \rho_{min} = 0.005$$

$$\rho_d = \frac{A_s}{b \times d} =$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{min} < \rho_d < \rho_{max} \quad ok$$

$$V_r = \frac{p}{2} = n$$

$$V_c = \sqrt{6} \times$$

$$V_s =$$

- Lo máximo a lo cual puede trabajar el acero a cortante es:

$$2.21\sqrt{f_c} \times b \times d \quad SI$$

$$V_s =$$

- Condición de separación según la norma:

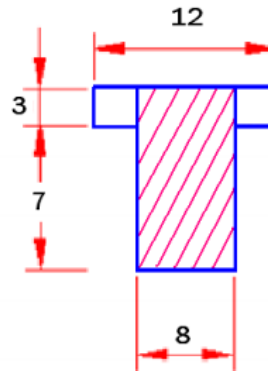
$$s \leq \left\{ \begin{array}{c} \frac{d}{2} \\ 60 \text{ cm} \\ \frac{d}{4} \text{ si } V_s > 1.1\sqrt{f_c} \times b \times d \end{array} \right\}$$

$$V_s \geq$$



Entonces la distancia mínima que debemos tomar es $\frac{d}{4} = 2 \text{ cm}$. Sin embargo, se debe tener en cuenta que para esta separación se pueden presentar problemas con la granulometría de los agregados entonces se emplea $d/2$.

- En las vigas T los esfuerzos a cortante son absorbidos por el nervio y un mínimo valor por las aletas que es despreciable

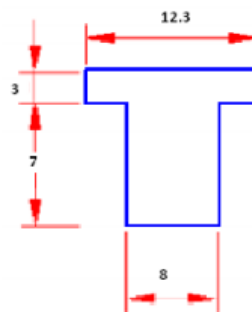


- Suponemos un área de acero para estribos $\phi = 3/16''$ para mirar cuanto resiste a cortante.

$A_v = 0.178 \text{ cm}^2$ o, 0.125 cm^2 para $d = 4 \text{ mm}$

$$V_r = V_c + V_s$$

VIGUETA #4 (Con refuerzo)



$L = 60.5 \text{ cm}$

$F_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$F_c = 93.66 \text{ kg/cm}^2$

$C = T$

$$0.85 f'_c \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$a = \frac{0.633 \times 2800}{0.85 \times 93.66 \times 8} = 2.78 \text{ cm}$$



$$c = \frac{2.78}{0.85} = 3.27$$

$$Mr = 0.85f'c \times be \times a \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mr = 0.85 \times 93.66 \times 12.3 \times 2.78 \times (8 - 1.39) = 17993.86 \text{ kg/cm}$$

$$p = \frac{179993.86 \times 6}{60.5} = 1.78 \text{ ton}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y} \quad 0.003 < 0.005 \quad \rho_{min} = 0.005$$

$$\rho_d = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{0.633}{12.3 \times 8} = 0.0062$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.85 \times 0.85 \times \frac{93.66}{2800} \times \frac{6000}{6000 + f_y} = 0.0123$$

$$\rho_{min} < \rho_d < \rho_{max} \quad ok$$

$$Vr = \frac{p}{2} = \frac{1.78}{2} = 0.89 \text{ ton}$$

$$Vc = 0.890 - 0.328 = 0.562 \text{ ton}$$

- Lo Maximo a lo cual puede trabajar el acero a cortante es:

$$2.21\sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$2.21\sqrt{93.66} \times 8 \times 8 = 1.368 \text{ ton}$$

- Condición de separación según norma:

$$s \leq \left\{ \begin{array}{c} \frac{d}{2} \\ 60 \text{ cm} \\ \frac{d}{4} \text{ si } Vs > 1.1\sqrt{f'c} \times b \times d \end{array} \right\}$$

$$Vs \geq 1.1 \times \sqrt{93.66} \times (8.2 \times 8) = 0.68 \text{ ton}$$

Entonces la distancia mínima que debemos tomar es $\frac{d}{4}$. Sin embargo, se debe tener en cuenta que para esta separación se pueden presentar problemas con la granulometría de los agregados entonces se emplea $d/2$.

- En las vigas T los esfuerzos a cortante son absorbidos por el nervio y un mínimo valor por las aletas que es despreciable.



1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- Describa brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Ensayo Estándar

Describa brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
ENSAYO VIGA CANAL	16

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad	
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1	
Calibrador pie de rey	Unidad	1	
Mazo de goma	Unidad	1	
Varilla punta redonda	Unidad	1	
Pala	Unidad	1	
Palustre	Unidad	1	
Martillo	Unidad	1	
Termómetro para el tanque de curado	Unidad	1	
Contenido de aire NTC 1032	Unidad	1	
Maquina mezcladora	Unidad	1	
Vibrador	Unidad	1	
Bascula de sobresuelo	Unidad	1	
Martillo	Unidad	1	
Baldes	Unidad	1	
Beaker o probeta	Unidad	1	
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1	
Cono Slum o de Abrams	Unidad	1	
Flexómetros	Unidad	1	
Cucharón	Unidad	1	
Lámina metálica plana para el cono Slum	Unidad	1	

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	



Casco de seguridad

Otros: Gafas de seguridad

X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).

Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).
- Demostración de flexión en vigas en el rango elástico.
- Ensayos a compresión de cilindros de concreto y resistencia última.

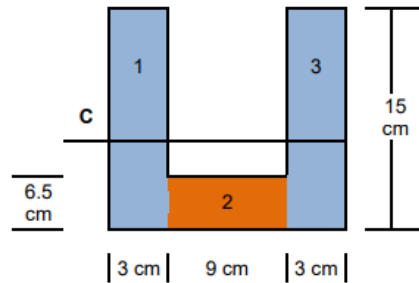
METODOLOGÍA

Calcule las dimensiones del espécimen de prueba, realice las formaleas en madera y elabore el espécimen para el ensayo en laboratorio.

CALCULO DE VIGA CANAL DE CONCRETO SIMPLE

$F'c = 144 \text{ kg/cm}^2$

$L = 45 \text{ cm}$



Calculo del centroide

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i y_i}{A_t}$$

C= cm medidos desde la base de la viga.

CALCULO DE LA INERCIA

I = Se calcula el esfuerzo máximo a tensión por la correlación.

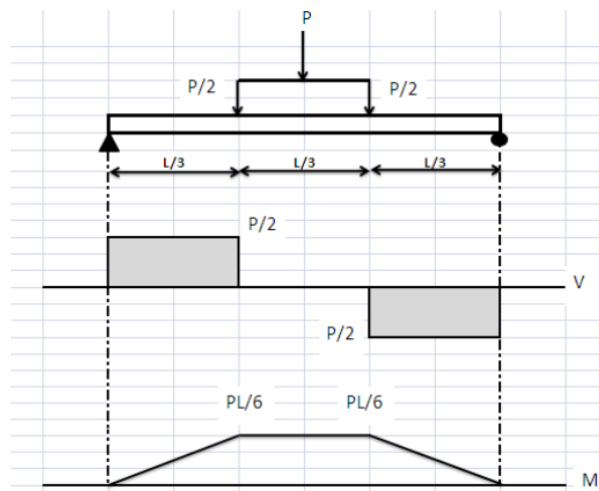
$$\delta_{max t} = 2.21 \sqrt{f'c} \quad \text{Usar SI}$$

$$M_{rt} = \frac{pL}{6} = \delta_{max t} \times S$$

$$S = \frac{I}{C_1}$$

P que proporciona la maquina es de:

P = CALCULO DE LA RESISTENCIA A CORTANTE DE LA VIGA DE CONCRETO SIMPLE



Tenemos de la norma NSR – 98 que la resistencia del concreto a cortante está determinada por:

C.11.3.1.1-Para elementos sometidos a cortante y flexión únicamente:

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} = \frac{\sqrt{144}}{6} = 2 \frac{kg}{cm^2}$$

Fuerza cortante

$$V_c = V_c \times A_{alas}$$

$$A_{alas} = A_1 + A_2 = cm^2$$



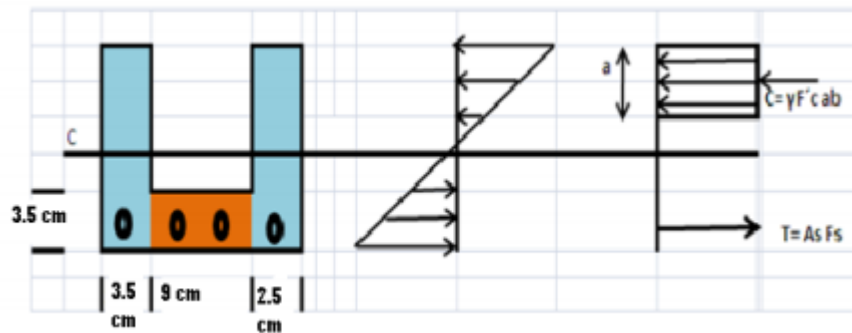
V_c = La fuerza cortante que debe soportar es de en el apoyo y la máxima que soporta es de.

CALCULO DE VIGA CANAL DE CONCRETO REFORZADO A LA TENSION

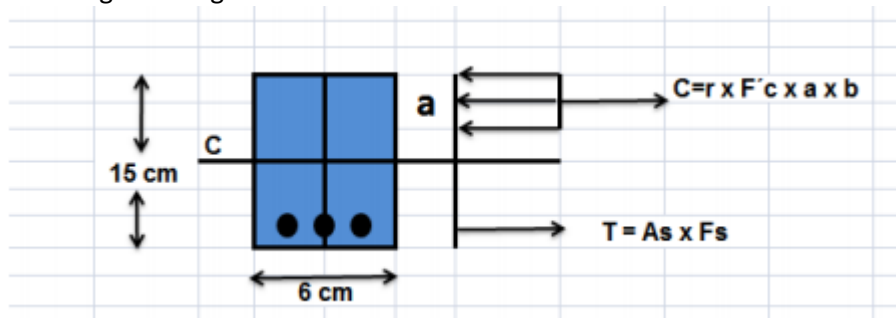
$$F'_c = 144 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 45 \text{ cm}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$



La viga se diseña como una viga rectangular.



Por ser rectangular el centroide queda en la mitad de la altura.

$$C =$$

CALCULO DEL BLOQUE A COMPRESIÓN a

$$a = 0.85 c =$$

CALCULO DE LA FUERZA A COMPRESIÓN C

$$C = 0.85 F'_c a b =$$

Tenemos que $T = C$ y $T = F_s A_s$, para que la falla sea dúctil $F_s = F_y$

$$A_s = 0.85 F'_c a b / F_y = \text{cm}^2$$

Usaremos barra #2 con un área de 0.32 cm² por barra dándonos así barras.

Lo que nos da un $A_s = \text{cm}^2$, la cuantía de diseño será entonces

$$\rho = A_s / b d =$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = 0.00333$$

$$\rho_b = 0.85 \times \left(f'_c \frac{c}{f_y} \right) \times \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$



$p_{max} = 0.75 p_b$

Lo que significa que la cuantía de diseño no se encuentra entre la mínima y la máxima lo que no nos garantiza una falla dúctil.

Por lo cual usaremos barra #2 con un área de 0.32 cm² por barra dándonos así barras.

Lo que nos da un $A_s = 0.96 \text{ cm}^2$, la cuantía de diseño será entonces

$\rho = A_s / b d =$

Lo que nos muestra una cuantía entre la mínima y la máxima, garantizando una falla dúctil.

Se calcula momento nominal que resiste.

$M_n = A_s F_y (d - a/2)$

Ahora igualamos

$M_n = M_{rt} = P L / 6$

La carga que soportara la viga es de:

$P =$

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- Describe brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Ensayo Estándar

Describe brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
ENSAYO FALLA CORTANTE CON ESTRIBOS	17

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concretos
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda (ó vibrador de concreto)	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Martillo	Unidad	1
Termómetro para el tanque de curado	Unidad	1
Contenido de aire NTC 1032	Unidad	1
Máquina Mezcladora	Unidad	1
Vibrador	Unidad	1
Báscula de sobresuelo (AFK 1320a)	Unidad	1
Baldes	Unidad	1
Beaker o probeta	Unidad	1
Sierra Mesa con disco de corte diamantado para concreto y discos para cortar acero	Unidad	1
Cono Slum o de Abrams	Unidad	1
Flexómetros	Unidad	1
Cucharón	Unidad	1
Lámina metálica plana para el cono Slum	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	



Casco de seguridad

Otros: Gafas de seguridad

X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).

Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).
- Demostración de flexión en vigas en el rango elástico.
- Resistencia ultima.

METODOLOGÍA

Calcule las dimensiones del espécimen de prueba, realice las formaleas en madera y elabore el espécimen para el ensayo en laboratorio.

DISEÑO DE UNA VIGA CANAL EN CONCRETO SIMPLE Y UNA VIGA CANAL EN CONCRETO REFORZADO A LA FLEXIÓN

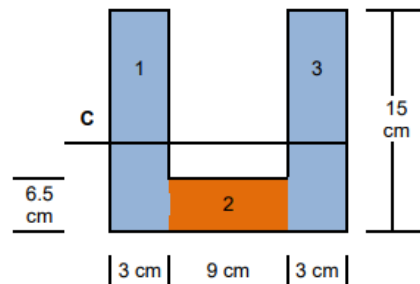
Las vigas de canal, cumplen las funciones de arriostrar longitudinalmente los pórticos y recolección de aguas pluviales. Tienen diferentes dimensiones.

CALCULO DE VIGA CANAL DE CONCRETO SIMPLE



$F'_c = 144 \text{ kg/cm}^2$

$L = 45 \text{ cm}$



Calculo del centroide

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i y_i}{A_t}$$

$C =$ cm medidos desde la base de la viga.

CALCULO DE LA INERCIA

$I =$ Se calcula el esfuerzo máximo a tensión por la correlación.

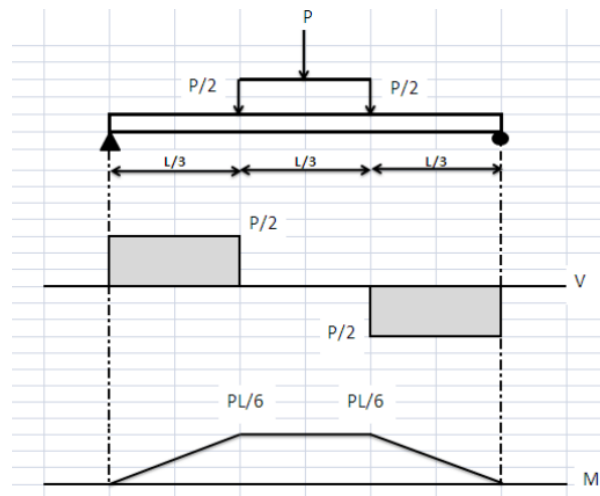
$$\delta_{max t} = 2.21 \sqrt{f'_c} \quad \text{Usar SI}$$

$$M_{rt} = \frac{pL}{6} = \delta_{max t} \times S$$

$$S = \frac{I}{C_1}$$

P que proporciona la maquina es de:

P = CALCULO DE LA RESISTENCIA A CORTANTE DE LA VIGA DE CONCRETO SIMPLE



Tenemos de la norma NSR – 98 que la resistencia del concreto a cortante está determinada por:

C.11.3.1.1-Para elementos sometidos a cortante y flexión únicamente:

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} = \frac{\sqrt{144}}{6} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Fuerza cortante



$$V_c = V_c \times A_{alas}$$

$$A_{alas} = A_1 + A_2 = cm^2$$

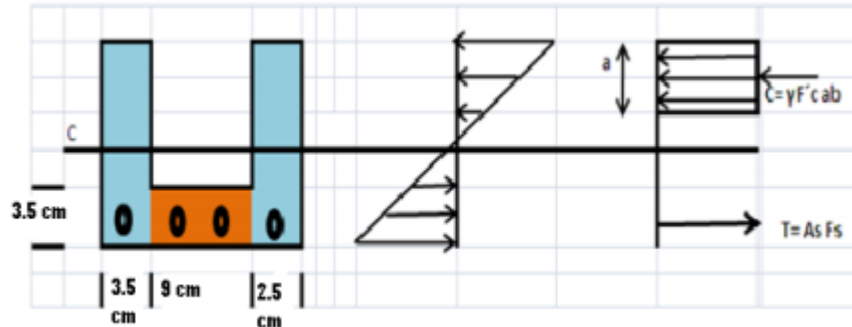
V_c = La fuerza cortante que debe soportar es de en el apoyo y la máxima que soporta es de.

CALCULO DE VIGA CANAL DE CONCRETO REFORZADO A LA TENSION

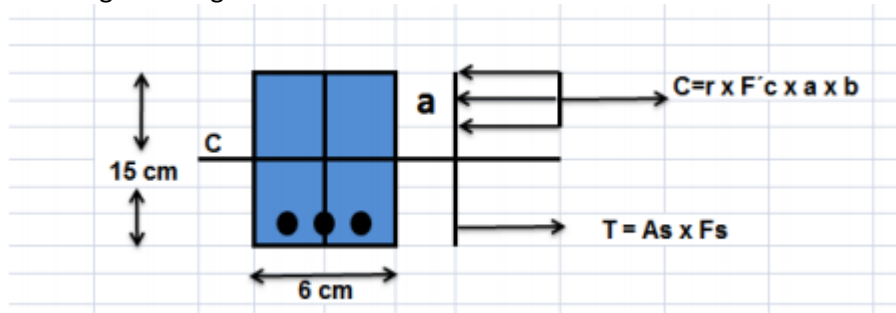
$$F'_c = 144 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 45 \text{ cm}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$



La viga se diseña como una viga rectangular.



Por ser rectangular el centroide queda en la mitad de la altura.

$C =$

CALCULO DEL BLOQUE A COMPRESIÓN a

$$a = 0.85 c =$$

CALCULO DE LA FUERZA A COMPRESIÓN C

$$C = 0.85 F'_c a b =$$

Tenemos que $T = C$ y $T = F_s A_s$, para que la falla sea dúctil $F_s = F_y$

$$A_s = 0.85 F'_c a b / F_y = cm^2$$

Usaremos barra #2 con un área de 0.32 cm² por barra dándonos así barras.

Lo que nos da un $A_s = cm^2$, la cuantía de diseño será entonces

$$\rho = A_s / bd =$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = 0.00333$$



$$\rho b = 0.85 \times \left(f' \frac{c}{f_y}\right) \times \left(\frac{6000}{6000 + f_y}\right)$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho b$$

Lo que significa que la cuantía de diseño no se encuentra entre la mínima y la máxima lo que no nos garantiza una falla dúctil.

Por lo cual usaremos barra #2 con un área de 0.32 cm² por barra dándonos así barras.

Lo que nos da un $A_s = 0.96 \text{ cm}^2$, la cuantía de diseño será entonces

$$\rho = A_s / b d =$$

Lo que nos muestra una cuantía entre la mínima y la máxima, garantizando una falla dúctil.

Se calcula momento nominal que resiste.

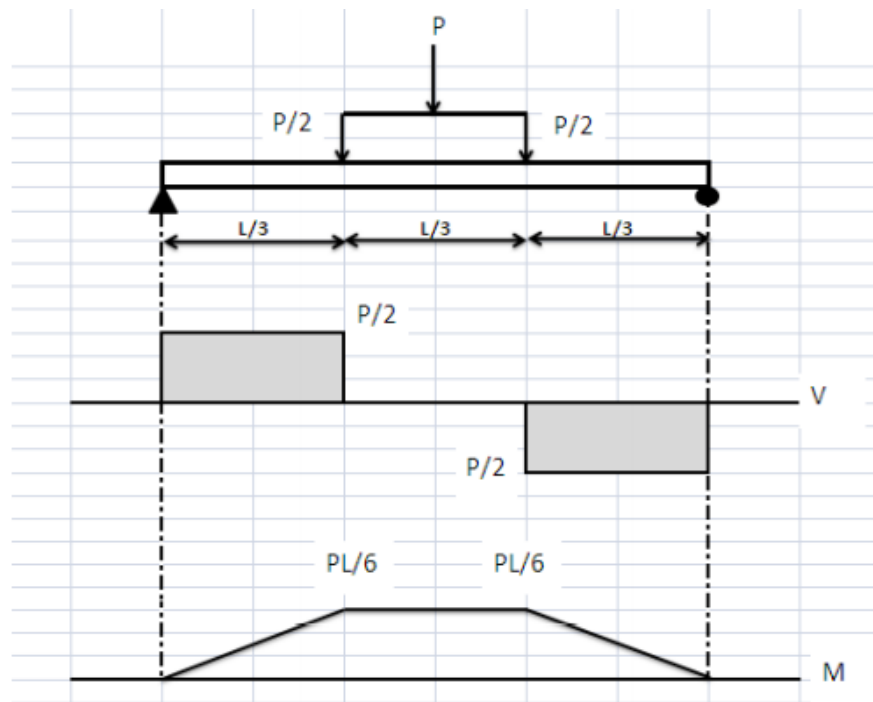
$$M_n = A_s F_y (d - a/2)$$

Ahora igualamos

$$M_n = M_{rt} = PL/6$$

La carga que soportara la viga es de:

P = CALCULO DE LA RESISTENCIA A CORTANTE DE LA VIGA DE CONCRETO REFORZADO



El cortante máximo que soportara la viga es de $V_n =$

El momento máximo será de $M_n =$

Para verificar vemos si el concreto resiste la fuerza cortante usamos la siguiente ecuación:



C.11.3.1.1-Para elementos sometidos a cortante y flexión únicamente:

$$v_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6}$$

Fuerza cortante

$$V_c = V_c \times A_{al}$$

V_c = Lo que nos muestra que no resiste ya que tiene que soportar.

V_n = Por lo que hay que reforzar a cortante Para saber la fuerza que debe soportar el acero tenemos:

$V_n = \Phi (V_c + V_s)$; donde $\Phi = 0.85$ y es un factor de mayoración para asegurar que la falla no sea por cortante.

$$\Phi V_s =$$

Donde:

$$\Phi V_s = (\Phi \times A_s \times F_y \times d) / S$$

A_s = área de acero de los estribos

S = separación entre estribos

Utilizaremos barras de acero # 2 con un área de 0.32 cm² y $F_y = 4200$ kg/cm²

$$A_s = \text{cm}^2$$

$$V_s =$$

$$S = (A_s \times F_y \times d) / V_s$$

$$S = \text{cm}$$

La separación máxima que podemos usar es de $d/2 = 6.75$ cm

Lo cual nos muestra que debemos colocar 5 estribos a una separación de 6 cm.

CHEQUEO DE LA LONGITUD DE DESARROLLO

La longitud de desarrollo no será ningún problema ya que las formaleas dejan 7.5 cm de concreto a cada lado del apoyo y además se le pondrán ganchos con longitud de 12D para esta función.

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- Describe brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Ensayo Estándar

Describe brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377.

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.



- b. Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- c. Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica No.
FALLA FRAGIL	18

Fecha de la practica	
Laboratorio ó Área de la practica	Concreto
Espacio académico	Concreto reforzado
Facultad o Unidad	Ingeniería civil
Nombre del docente o instructor	

Grupo:	Número total de estudiantes :	Número de subgrupos para la práctica:
--------	-------------------------------	---------------------------------------

Hora de inicio:	Hora de salida:
-----------------	-----------------

Espacio de Carácter:	Académico		Teórico		Teórico - práctico	X	Práctico	
----------------------	-----------	--	---------	--	--------------------	---	----------	--

Metodología del espacio académico	Presencial	X	Virtual		Distancia	
-----------------------------------	------------	---	---------	--	-----------	--

MATERIALES - REACTIVOS - EQUIPOS	
----------------------------------	--

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Cemento		Kg	-
Arena		Kg	-
Grava		Kg	-
Agua		L	-
Aceite (ó en su defecto ACPM)		L	-

[illegible]



Equipos y Accesorios	unidad	Cantidad
Máquina de compresión de Cilindros compresión y Viguetas flexión	Unidad	1
Calibrador pie de rey	Unidad	1
Mazo de goma	Unidad	1
Varilla punta redonda (ó vibrador de concreto)	Unidad	1
Pala	Unidad	1
Palustre	Unidad	1
Martillo	Unidad	1

MATERIALES A TRAER POR LOS ESTUDIANTES

Elementos	Unidad	Cantidad
Bata	Unidad	1 por estudiante

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD NECESARIAS

Es obligatorio para el ingreso y permanencia en las actividades de laboratorio el uso de bata manga larga anti fluidos, guantes de nitrilo, mascarilla de gases, gafas de seguridad, gorro desechable, pantalón sin desgastes o rotos, camisa manga larga y zapatos cerrados o botas de seguridad. Los siguientes son elementos de protección a emplear de acuerdo a el tipo de actividad que se va a desarrollar.

Elementos	señalar si el estudiante lo requiere
Guantes de carnaza	X
Tapabocas desechable	X
Protector auditivo	
Casco de seguridad	
Otros: Gafas de seguridad	X

OBJETIVOS

General:

Realizar el ensayo a flexión para vigas en concreto (hasta la falla).



Específicos:

- Analizar el comportamiento a flexión de vigas en concreto simple.
- Determinar el diagrama momento-curvatura teórico y del laboratorio para cada viga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

METODOLOGÍA

ENSAYO FALLA DUCTIL EN VIGUETAS

PROCEDIMIENTO

- Se diseña una viga de dimensiones (10x10x50).
- La mezcla debe tener una resistencia al concreto de $f'_c=21\text{kg/cm}^2$
- Se calcula la cuantía mínima, balanceada y la máxima para así poder establecer el criterio del diseño del ensayo que corresponda, la cuantía del acero debe estar entre la mínima y máxima y por debajo de la cuantía balanceada para garantizar que la falla sea por fluencia.
- Teniendo la cuantía requerida; se calcula el diámetro y el número de varillas a utilizar para refuerzo en cuanto a flexión.
- Se calcula el momento nominal, el cual va a ser el mismo momento resistente con el que se diseña la viga para así obtener la carga o la fuerza que debe resistir la viga.
- Para garantizar que la viga quede reforzada adecuadamente a cortante debemos calcular la separación de los estribos.
- Una vez obtenido los parámetros de diseño del ensayo se continua con la preparación de la mezcla y su respectivo encoframiento para esto hay que tener en cuenta lo siguiente:
- Vaciar el concreto lo más rápido posible, sin que se produzcan pérdidas, teniendo en cuenta el espaciamiento entre barras y el tamaño de los agregados.
- Vibrar y compactar el concreto, así como también adecuar el vaciado a la geometría de la formaleta a utilizar.
- Realizar el desencoframiento a los tres días de fundido.
- Realizar el curado durante tres semanas luego de desencofrar.
- Realización del ensayo a los 28 días.

CALCULOS

$$f'_c= 21\text{MPa } f_y= 240\text{MPa}$$

Determinamos la cuantía requerida

$$\rho_{\min} = (0.8 \sqrt{f'_c}) / 25$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.85 \beta_1 (f'_c / f_y) (6000 / 6000 + f_y)$$



$$\rho_{\max} = 0.75\rho_{\text{bal}} = 0.06$$

Utilizando varillas # (") se tiene que:

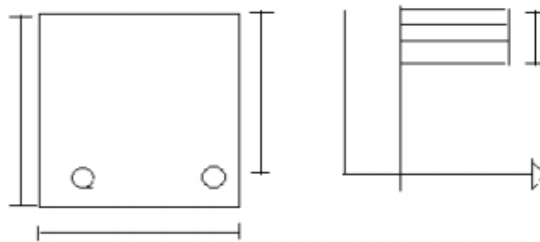
$$d = AV = \pi d^2 / 4 = \pi$$

Tomando N varillas se tiene: $A_s =$

$$\rho = A_s / bd = \rho$$

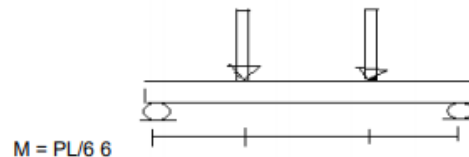
Luego la cuantía cumple que $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow$ Como la falla es por fluencia:

$$f_s = f_y \quad a = (A_s f_y) / (0.85 f'_c b) = m \quad (\text{Mejorar estos esquemas señalando los valores o fórmulas})$$



$$M_n = A_s f_y (d - a/2) = \text{kN-cm}$$

$$M_R = M_n =$$



$$P =$$

Hay que asegurar que no falle por cortante

$$V = P/2 = \Phi V_c + \Phi V_s \text{ o } V = V_c + V_s$$

Pero primero debemos asegurarnos si necesita refuerzo a cortante

$$T_{\max} = V_{\max} / bd \text{ MPa}$$

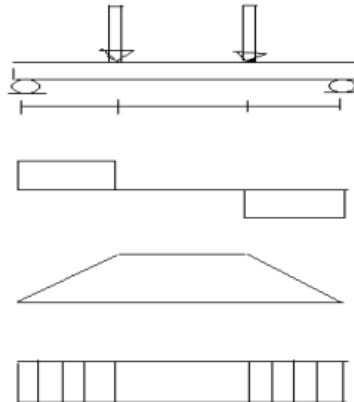
$$\Phi V_c$$

Si es necesario reforzarlo a cortante

Tomando S= utilizando estribos rectangulares de (")

$$V = V_c + V_s \Rightarrow P/2 = 0.53 \sqrt{f'_c} b d + (d/S) A_v f_y$$

$$P/2 = P_{\text{cort}} = P_{\text{cor}} = \text{KN}$$



(Mejorar estos esquemas señalando valores o fórmulas)

REPORTE DE RESULTADOS

1. Descripción del ensayo realizado:

- Descripción de cada una de las probetas ensayadas, dimensiones, aspecto, posible material (esquemas).
- Resumen de datos de carga y deflexión en cada ensayo. (50 datos representativos de carga y deformación).
- Describa brevemente el procedimiento realizado en el laboratorio. Anexe la tabla con datos de todas las probetas.

2. Ensayo Estándar

Describa brevemente la elaboración de cilindros de concreto de acuerdo con la norma NTC 550 e identifique las diferencias con la norma NTC 1377

3. Análisis de resultados:

- Realizar gráfica momento –curvatura en el rango elástico para cada viga.
- Determine el módulo de rotura para cada ensayo realizado.
- Hallé el modulo elástico del acero.

4. Conclusiones

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

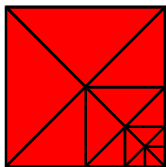
- NTC 2871: MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

**NTC
174**

2000-06-21

CONCRETOS. ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO



MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO

E: CONCRETES. STANDARD SPECIFICATION FOR CONCRETE
AGGREGATES

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente (EQV) a la
norma ASTM C 33, con desviaciones
técnicas menores.

DESCRIPTORES: agregado para concreto; agregado;
contenido de materia orgánica;
granulado

I.C.S.: 91.100.20

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Quinta actualización

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 174 (Quinta actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2000-06-21.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 "Concreto, mortero y agregados" a cargo de la STN: ASOCRETO.

ASOCRETO
ASOGRAVAS
CONCRETOS PREMEZCLADOS
EAAB

ICPC
MBT-COLOMBIA
SIKA ANDINA S.A.
TOXEMENT S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGRECON
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S.A.
CONCRETO S.A.
CONCRETOS DE OCCIDENTE S.A.
CONINSA
CONSTRUCTORA COLPATRIA
DIEGO SÁNCHEZ DE GUZMÁN
ECOPETROL
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
ESCUELA MILITAR DE CADETES
GRUPO DIAMANTE SAMPER
GRUPO POA
INGENIERÍA DEL CONCRETO
INGENIESA

LABORATORIO CONCRELAB LTDA.
LABORATORIO DE INGENIERÍA CONTECÓN-
URBAR
MANUFACTURA DE CEMENTO TITÁN
METROCONCRETO
PROYECTOS & DISEÑOS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
UNIVERSIDAD AGRARIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
UNIVERSIDAD JAVERIANA
UNIVERSIDAD MILITAR
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**CONCRETOS.
ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, (excepto los agregados livianos y pesados) para uso en concreto.

1.2 La información que se presenta en esta norma la puede utilizar el contratista, el proveedor o el comprador, como parte del documento de compra que describe el material por suministrar.

Nota 1. Esta norma es adecuada para asegurar materiales satisfactorios para uso en la mayoría de concretos. Se pueden necesitar mayores o menores restricciones para ciertas obras o regiones. Por ejemplo, en donde la estética es importante, se pueden considerar límites más restrictivos en relación con las impurezas que puedan manchar la superficie de concreto. Es conveniente que quien establece las especificaciones sobre los agregados, indique en el área de trabajo la disponibilidad de ellos en relación con su gradación, propiedades físicas, químicas o una combinación de ellas.

1.3 Esta norma también es para uso en especificaciones de proyectos, para definir la calidad del agregado, su tamaño máximo y otros requisitos de gradación específicos. Las personas responsables de seleccionar las proporciones de la mezcla de concreto también deben determinar las proporciones de agregado fino y grueso y la adición de una mezcla de agregados de diferente tamaño, si se requieren o aprueban.

1.4 Los valores se deben regir de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000).

1.5 El texto de esta norma hace referencia a notas corrientes que brindan material explicativo. Estas notas (se excluyen las de las tablas y las de las figuras) no se deben considerar requisitos de esta norma.

2. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas.

NTC 32: 1991, Ingeniería Civil y Arquitectura. Tamices de tejido de alambre para ensayos (ASTM E 11).

NTC 77: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos (ASTM C 136)

NTC 78: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75 μm en agregados minerales (ASTM C 117).

NTC 92: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas y agregados (ASTM C 29)

NTC 93: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos mayores de 19 mm, utilizando la máquina de los ángeles (ASTM C 535).

NTC 98: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm utilizando la máquina de los ángeles (ASTM C 131)

NTC 126: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar la solidez (solidez) de los agregados con el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (ASTM C 88)

NTC 127: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para la determinación de impurezas orgánicas en agregado fino para concreto (ASTM C 40).

NTC 129: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados (ASTM D 75).

NTC 130: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para partículas livianas en los agregados (ASTM C 123).

NTC 175: 1996, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método químico para determinar la reactividad potencial alcali-sílice de los agregados (ASTM C 289).

NTC 385: 1999, Ingeniería Civil y Arquitectura. Terminología relativa al concreto y sus agregados (ASTM C 125)

NTC 579: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia del mortero (ASTM C 87)

NTC 589: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznales en los agregados (ASTM C 142)

NTC 1000: 1993, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000)

NTC 1776: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados (ASTM C 566)

NTC 3773: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Guía para la inspección petrográfica de agregados para concreto (ASTM C 295)

ASTM C 227: 1997, Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)

ASTM C 342: 1997, Standard Test Method for Potential Volume Change of Cement -Aggregate Combination.

ASTM C 586: 1999, Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks for Concrete Aggregates (Rock Cylinder Method).

ASTM C 666: 1997, Standard Test Method for Resistance of Concrete Rapid Freezing and Thawing.

ASTM D 3665: 1999, Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials.

3. TERMINOLOGÍA

3.1 Para las definiciones de los términos usados en esta norma, véase la NTC 385 (ASTM C 125).

4. INFORMACIÓN EN LA ORDEN DE COMPRA

4.1 El comprador directo de los agregados debe incluir la información del numeral 4.2 en la orden de compra, según el caso. La persona que establece las especificaciones del proyecto debe incluir en los documentos pertinentes de dicho proyecto, información que describa el agregado que se va a usar, y los elementos aplicables del numeral 4.3.

4.2 En la orden de compra se debe incluir la siguiente información, según sea pertinente:

4.2.1 Referencia a esta norma, como NTC 174 (ASTM C 33).

4.2.2 Especificar si el pedido es para agregado fino o para agregado grueso.

4.2.3 La cantidad en toneladas.

4.2.4 Cuando el pedido es para agregado fino.

4.2.4.1 Si se aplica la gradación opcional en el numeral 6.2.

4.2.4.2 Si se aplica la restricción sobre materiales reactivos del numeral 7.3.

4.2.4.3 En el ensayo de sanidad por sulfatos (véase el numeral 8.1), debe especificarse la sal a usar. Si no se indica ninguna, se debe usar sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

4.2.4.4 El límite apropiado para material con una finura mayor de 75 µm (tamiz No. 200) (véase la Tabla 1). Si no se establece, se debe aplicar el límite del 3,0 %.

4.2.4.5 El límite apropiado para carbón y lignito (véase la Tabla 1). Si no se establece, se debe aplicar el límite del 1,0 %.

4.2.5 Cuando el pedido es de agregado grueso.

4.2.5.1 La gradación (número de tamaño) (véanse el numeral 10.1 y la Tabla 2), o gradaciones alternas, como se establezca entre el comprador y el proveedor.

4.2.5.2 La designación de clase (véanse el numeral 11.1 y la Tabla 3).

4.2.5.3 Si se aplica la restricción sobre materiales reactivos del numeral 11.2.

4.2.5.4 En el caso del ensayo de sanidad por sulfatos (véase la Tabla 3), indicar qué sal se debe usar. Si no se establece ninguna, se debe usar sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

4.2.6 Cualquier adición o excepción a esta norma (véase la Nota 1).

4.2.7 La humedad del material, de acuerdo con la NTC 1776 (ASTM C 566)

4.3 En las especificaciones de los agregados se debe incluir la siguiente información, si es pertinente:

4.3.1 Referencia a esta norma, como NTC 174 (ASTM C 33)

4.3.2 Cuando el agregado que se describe es agregado fino.

4.3.2.1 Si se aplica o no la restricción sobre materiales reactivos, del numeral 7.3.

4.3.2.2 En el caso del ensayo de sanidad por sulfatos (véase el numeral 8.1) qué tipo de sal se debe utilizar. Si no se especifica lo anterior, se debe usar sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

4.3.2.3 El límite apropiado para el material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) (véase la Tabla 1). Si no se especifica, se debe aplicar un límite del 3 %.

4.3.2.4 El límite apropiado para el carbón y el lignito (véase la Tabla 1). Si no se establece, se debe aplicar un límite del 1 %.

4.3.3 Cuando el agregado que se describe es grueso

4.3.3.1 El tamaño o tamaños máximos nominales especificados, con base en el espesor de la sección o en la separación de las barras de refuerzo, u otros criterios. En lugar de establecer el tamaño máximo nominal, la persona que establece las especificaciones del proyecto debe designar un número o números de tamaño apropiado (véanse el numeral 10.1 y la Tabla 2). La designación de un número de tamaño para indicar el tamaño nominal no debe limitar a la persona responsable en la selección de las proporciones, de combinación de dos o más gradaciones de agregado para obtener la gradación deseada, siempre y cuando las gradaciones no estén restringidas de otra forma por quien establece las especificaciones y no se exceda el tamaño máximo nominal indicado por el número pertinente.

4.3.3.2 La designación de clase (véanse el numeral 11.1 y la Tabla 3).

4.3.3.3 Si se aplica la restricción sobre materiales reactivos, del numeral 10.2.

4.3.3.4 En el caso del ensayo de sanidad por sulfatos (véase la Tabla 3), qué sal se debe usar. Si no se indica ninguna, se debe usar sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

4.3.3.5 La persona responsable de seleccionar las proporciones de concreto, si estas son diferentes de las establecidas por el fabricante de concreto.

4.3.4 Cualquier excepción o adición a esta norma (véase la Nota 1).

AGREGADO FINO

5. CARACTERÍSTICAS GENERALES

5.1 El agregado fino debe estar compuesto de arena natural, arena triturada o una combinación de éstas.

Tabla 1. Límites para sustancias dañinas en el agregado fino para concreto

Material	Máximo porcentaje del peso total de la muestra
Terrones de arcilla y partículas deleznales	3,0
Material que pasa el tamiz 75 µm (No. 200):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0 (a)
Todos los demás concretos	5,0 (a)
Carbón o lignito:	
Donde la apariencia superficial del concreto sea de importancia.	0,5
Todos los demás concretos	1,0

- a) En el caso de arena triturada, si el material que pasa el tamiz 75 µm (No. 200) contiene polvo de trituración libre de arcilla o esquistos, estos límites pueden incrementarse al 5 % y 7 %, respectivamente.

6. GRADACIÓN

6.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

El agregado fino, excepto para lo previsto en los numerales 6.2, 6.3 y 6.4, debe estar clasificado dentro de los siguientes límites:

Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

6.2 El mínimo porcentaje dado arriba para el material que pasa los tamices de 300 µm (No. 50) y 150 µm (No. 100) puede reducirse a 5 y a 0, respectivamente, si el agregado va a usarse en concreto con aire incorporado, con un contenido de cemento mayor de 237 kg/m³, o en concreto sin aire incorporado con un contenido de cemento mayor de 297 kg/m³, o si se usa un aditivo o adición mineral aprobado para suplir la deficiencia en el porcentaje que pasa estos tamices. El concreto con aire incorporado es aquel en el que se ha usado un aditivo incorporador de aire cuyo contenido de aire es de más del 3 %.

6.3 No debe suceder que cualquier tamiz pase más del 45 % del agregado fino y quede retenido en el siguiente tamiz según lo mostrado en el numeral 6.1. Los módulos de finura no deben ser menores de 2,3 ni mayores de 3,1.

6.4 El agregado fino que no cumpla los requisitos de granulometría y módulos de finura, de los numerales 6.1, 6.2 o 6.3 puede ser aceptado si existen registros de comportamiento aceptables del concreto fabricado con este material. Si no se tienen dichos registros se debe ensayar el agregado fino de acuerdo con su comportamiento en el concreto, así:

Un ensayo para elaborar el concreto con el agregado fino bajo consideración y otro ensayo para elaborar el concreto con agregado de calidad demostrada. Se someten las muestras bajo las mismas condiciones de la obra de tal manera que el resultado obtenido con el agregado bajo consideración sea al menos igual al testigo de calidad demostrada.

Nota 2. El agregado fino que se ajuste a los requisitos de gradación de una especificación dispuesta por otra organización, la cual sea de uso general en la zona, puede ser tenida en cuenta si tiene un registro de comportamiento satisfactorio con relación a aquellas propiedades del concreto afectadas por dicha gradación.

Nota 3. Las propiedades relevantes son aquellas propiedades del concreto que son importantes para la aplicación particular en consideración.

6.5 Para despachos continuos de agregado fino de una fuente dada, el módulo de finura no debe variar en más de 0,20 del módulo de finura tomado como base. Este módulo de finura de base debe ser aquel valor que es típico de la fuente. Si es necesario, el módulo de finura de base puede ser cambiado siempre y cuando lo apruebe el comprador.

Nota 4. El módulo de finura base debe determinarse como resultado de ensayos previos o si no existen ensayos previos, de un promedio de los valores del módulo de finura para las 10 primeras muestras (o todas las muestras anteriores, si son menos de 10) de la orden de compra. La dosificación de una mezcla de concreto depende del módulo de finura del agregado fino que sea usado. Por lo tanto, cuando un módulo de finura de base difiere considerablemente del valor usado en la mezcla, puede ser necesario hacer un ajuste conveniente de ésta.

7. SUSTANCIAS DAÑINAS

7.1 La cantidad de sustancias perjudiciales en el agregado fino no debe exceder los límites prescritos en la Tabla 1.

7.2 IMPUREZAS ORGÁNICAS

7.2.1 El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Excepto lo aquí previsto, los agregados sometidos a ensayo de contenido de impurezas orgánicas que producen un color más oscuro que el normal, se deben rechazar.

7.2.2 Se permite el uso de un agregado fino que no cumpla con el ensayo, si la alteración en el color se debe principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas discretas similares.

7.2.3 Se permite el uso de un agregado fino que no cumpla con el ensayo, si cuando se ensaya para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, la resistencia relativa a los 7 d, calculada de acuerdo con la NTC 579 (ASTM C 87), no es menor del 95 %.

7.3 Cuando el concreto va a estar sujeto a humedecimiento o expuesto a una humedad atmosférica permanente, o a contacto con suelo húmedo, el agregado fino no debe contener ningún tipo de material que sea perjudicialmente reactivo con los álcalis del cemento en cantidad suficiente para causar una expansión excesiva del mortero o del concreto, en caso que dichos materiales estén presentes en cantidades perjudiciales, puede usarse con un cemento que contenga menos del 0,60 % de álcalis calculados como óxido de sodio equivalente ($\text{Na}_2\text{O}+0,658 \text{ K}_2\text{O}$), o con la adición de un material el cual ha sido probado para prevenir la expansión perjudicial debida a la reacción álcali-agregado (véase el Anexo A).

8. SANIDAD

8.1 Excepto como se establece en los numerales 8.2 y 8.3, el agregado fino sometido a cinco ciclos del ensayo de sanidad debe tener una pérdida de peso promedio no mayor del 10 % cuando se ensaya con sulfato de sodio, o del 15 % cuando se ensaya con sulfato de magnesio.

8.2 El agregado fino que no cumple los requisitos descritos del numeral 8.1 se debe considerar que cumple los requisitos de esta sección, si el proveedor puede demostrar al comprador o a quien establece las especificaciones, que el concreto de propiedades semejantes, fabricado con agregado similar de la misma fuente, ha mostrado un comportamiento satisfactorio cuando ha estado expuesto a condiciones de intemperie similares a las que se van a encontrar en la obra.

8.3 El agregado fino que no tiene un registro de servicio comprobable y que no cumple los requisitos del numeral 8.1, se debe considerar que cumple los requisitos de esta sección si el proveedor puede demostrar al comprador o a quien establece las especificaciones, que brinda resultados satisfactorios en concreto sujeto a ciclos de hielo-deshielo (véase la norma ASTM C 666).

AGREGADO GRUESO

9. CARACTERÍSTICAS GENERALES

9.1 El agregado grueso debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada, escoria de alto horno enfriada al aire, o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico o una combinación de ellos, conforme a los requisitos de esta norma.

Nota 5. Aunque el concreto de cemento hidráulico triturado ha sido usado como agregado con resultados satisfactorios, su uso puede requerir algunas precauciones adicionales. La necesidad de agua de la mezcla puede incrementarse debido a la rugosidad del agregado. El concreto parcialmente deteriorado, usado como agregado, puede reducir la resistencia al ciclo hielo-deshielo, afectar las propiedades de los vacíos de aire o sufrir degradación durante la manipulación, mezclado o colocación. El concreto triturado puede tener componentes susceptibles a la reactividad álcali-agregado o al ataque por sulfatos en el concreto nuevo, o pueden contener sulfatos, cloruros o material orgánico en los poros, los cuales pueden incorporar a la nueva estructura.

10. GRADACIÓN

10.1 El agregado grueso debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 2 para el número de tamaño especificado.

Nota 6. Los intervalos mostrados en la Tabla 2 son necesariamente muy amplios con el fin de cobijar las condiciones variables del país. Para realizar el control de calidad de cualquier obra específica, el productor puede desarrollar una gradación promedio de una fuente particular e instalaciones de producción, y controlar la gradación con unas tolerancias razonables de este mismo promedio. Cuando se utilicen agregados gruesos de números 357 ó 467, es recomendable suministrar dichos agregados al menos en dos tamaños separados.

Tabla 2. Requisitos de gradación para agregado grueso

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90-100	-	25- 60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0- 5	-	-	-	-
357	50 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0 - 5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0- 5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10- 30	0- 5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0- 10	0 - 5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	40- 85	10-40	0- 15	0 - 5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0 -10	0- 5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20 - 55	0- 15	0- 5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20 - 55	0- 10	0- 5	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0- 15	0- 5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10- 30	0- 10	0 -5

11. SUSTANCIAS DAÑINAS

11.1 Con excepción de lo previsto en el numeral 11.3, los límites dados en la Tabla 3 se deben aplicar a la clase de agregado grueso solicitado en la orden de compra o cualquier otro documento (véanse las notas 7 y 8). Si no se especifica la clase, se deben aplicar los requisitos para las clasificaciones 3S, 3M, ó 1N, para las regiones pluviométricas altas, medias y bajas, respectivamente (véanse la Tabla 3 y la Figura 1).

Notas:

- 7) Es conveniente que el productor del agregado designe la clasificación de agregado grueso que va a usarse en la obra, basado en la severidad de la meteorización, abrasión y otros factores de exposición. (Véanse la Tabla 3 y la Figura 1). Se espera que los límites para agregado grueso correspondientes a cada designación de clase aseguren un desempeño satisfactorio en el concreto para el tipo y localización de la construcción. Al seleccionar una clase con unos límites indebidamente restrictivos, esto puede ocasionar costos innecesarios, si los materiales que cumplen dichos requisitos no están disponibles en el sitio. La selección de una clase con límites poco restrictivos puede dar como resultado un comportamiento no satisfactorio y el deterioro prematuro del concreto. Aunque el concreto de diferentes partes de una estructura simple se puede elaborar adecuadamente con diferentes clases de agregado grueso, quien establece las especificaciones puede exigir que el agregado grueso de todo el concreto se ajuste a la misma clase más restrictiva, para reducir el riesgo de recibir un concreto con la clase errónea de agregado, especialmente en pequeños proyectos.
- 8) Para agregado grueso en concreto expuesto a la intemperie, el mapa con las regiones pluviométricas presentado en la Figura 1 tiene la intención de servir solamente como una guía acerca de la posible severidad de las condiciones atmosféricas. Es conveniente que cuando se vayan a realizar obras, especialmente las cercanas a los límites de dichas regiones, se consulten los registros de la entidad pertinente, para conocer la precipitación pluviométrica y el número de ciclos hielo-deshielo esperados, para determinar la severidad de dichas condiciones y con base en esto establecer los requisitos del ensayo del agregado grueso. Para construcciones en altitudes mayores a 1 520 m sobre el nivel del mar, es conveniente considerar la posibilidad de meteorización más severa que la indicada en el mapa. En zonas áridas, la severidad de la meteorización puede ser menor que la indicada. En cualquier caso, prevalecen las definiciones de severidad de la meteorización de la Tabla 3. Si existe duda acerca de seleccionar entre las dos regiones, se debe seleccionar la región con las características más severas.

11.2 El agregado grueso para uso en concreto que va estar sujeto a humedad, o expuesto a una humedad atmosférica permanente, o que va a estar en contacto con suelo húmedo, no debe contener ningún tipo de material que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis del cemento en cantidad suficiente para causar una expansión excesiva del mortero o del concreto; si dicho material está presente, el agregado grueso puede usarse con un cemento que contenga menos del 0,60 % de álcalis calculado como óxido de sodio equivalente ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$) o con la adición de un material que haya demostrado prevenir la expansión perjudicial debido a la reacción álcali - agregado. (véase el Anexo A).

11.3 Los resultados de los ensayos de agregados gruesos que excedan los límites especificados en la Tabla 3 se deben considerar que cumplen los requisitos de esta sección, si el proveedor puede demostrar al comprador que el concreto fabricado con agregado similar de la misma fuente ha brindado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto a condiciones similares a las que se van a encontrar; o si no se posee un registro de servicio demostrable, si el agregado produce concreto con las propiedades relevantes satisfactorias.

Tabla 3. Límites para sustancias dañinas y requisitos de las propiedades físicas del agregado grueso para concreto

Nota. Véase la Figura 1 para la localización de las regiones pluviométricas y la Nota 8 para orientación sobre el uso del mapa.

(S) Alta - Región pluviométrica alta- Índice pluviométrico mayor de 4 000 mm-año
 (M) Media - Región pluviométrica media- Índice pluviométrico entre 2 000 mm- año y 4 000 mm- año
 (N) Baja - Región pluviométrica baja-Índice pluviométrica menor de 2 000 mm- año

Designación de clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Porcentaje máximo permitido						
		Terrones de arcilla partículas deleznales	Chert (c) (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Sumatoria de terrones de arcilla, partículas deleznales y cherts (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200)	Carbón y lignitos	Abrasión (a)	Sanidad por sulfato de magnesio (5 ciclos) (b)
REGIONES PLUVIOMÉTRICAS ALTAS								
1S	Zapatas, cimientos, columnas y vigas que no están expuestas a las condiciones atmosféricas, losas internas que van a ser cubiertas.	10,0	---	---	1,0 (d)	1,0	50	---
2S	Pisos interiores sin cubierta	5,0	---	---	1,0 (d)	0,5	50	---
3S	Muros de fundación a nivel, muros de contención, estribos, pilas, vigas compuestas y vigas expuestas a las condiciones atmosféricas.	5,0	5,0	7,0	1,0 (d)	0,5	50	18
4S	Pavimentos, puentes de tablero superior, vías de acceso, bordillos, andenes, patios, garajes o parqueaderos, corredores o estructuras ribereñas sujetas a humedecimiento frecuente.	3,0	5,0	5,0	1,0 (d)	0,5	50	18

Continúa...

Tabla 3. (Continuación)

Designación de clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Porcentaje máximo permitido						
		Terrones de arcilla partículas deleznales	Chert (c) (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Sumatoria de terrones de arcilla, partículas deleznales y Cherts (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Material que pasa el tamiz 75 mm (No.200)	Carbón y lignitos	Abrasión (a)	Sanidad por sulfato de magnesio (5 ciclos) (b)
5S	Concreto arquitectónico exterior	2,0	3,0	3,0	1,0 (d)	0,5	50	18
Regiones pluviométricas medias								
1M	Zapatas, cimientos, columnas y vigas que no están expuestas a las condiciones atmosféricas, losas internas que van a ser cubiertas.	10,0	---	---	1,0 (d)	1,0	50	---
2M	Pisos interiores sin cubierta.	5,0	---	---	1,0 (d)	0,5	50	---
3M	Muros de fundación a nivel, muros de contención, estribos, pilas, vigas compuestas y vigas expuestas a las condiciones atmosféricas.	5,0	8,0	10,0	1,0 (d)	0,5	50	18
4M	Pavimentos, puentes de tablero superior, vías de acceso, bordillos, andenes, patios, garajes o parqueaderos, corredores, o estructuras ribereñas sujetas a humedecimiento frecuente.	5,0	5,0	7,0	1,0 (d)	0,5	50	18

Tabla 3. Final

Designación de clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Porcentaje máximo permitido						
		Terrones de arcilla partículas deleznales	Chert (c) (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Sumatoria de terrones de arcilla, partículas deleznales y Cherts (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Material que pasa el tamiz de 75 μ m (No.200)	Carbón y lignitos	Abrasión (a)	Sanidad por sulfato de magnesio (5 ciclos) (b)
5M	Concreto arquitectónico exterior.	3,0	3,0	5,0	1,0(d)	0,5	50	18
Regiones Pluviométricas bajas								
1N	Losas sujetas a la abrasión del tráfico, puentes de tablero superior, pisos, andenes, pavimentos.	5,0	--	--	1,0(d)	0,5	50	--
2N	Todas las demás clases de concreto.	10,0	--	--	1,0(d)	1,0	50	--

- a) La escoria de alto horno triturada enfriada al aire no tiene requisitos de abrasión. El peso unitario compactado de la escoria no debe ser inferior a 1 120 kg/m³. La gradación de la escoria usada en el ensayo de peso unitario debe cumplir con la gradación que va a ser usada en el concreto. Las pérdidas por abrasión de la grava, grava triturada, o piedra triturada, se deben determinar con base en los tamaños más cercanos correspondientes a la gradación que se va a usar en el concreto. Cuando debe emplearse más de una gradación, el límite de abrasión debe aplicarse a cada una de ellas.
- b) Los límites permisibles de sanidad deben ser del 12 %, si se usa sulfato de sodio.
- c) Estas limitaciones se aplican solamente a agregados en los cuales se consideran los cherts como impurezas. No son aplicables a gravas que sean predominantemente cherts. Las limitaciones de sanidad de dichos agregados deben estar basadas en registros de servicio en el medio ambiente en el cual se van a usar.
- d) Este porcentaje se puede incrementar, bajo cualquiera de las siguientes condiciones:
- 1) Si el material que pasa el tamiz de 75 μ m (No.200) no contiene arcilla o pizarra; el porcentaje puede incrementarse a 1,5
 - 2) Si se sabe que la fuente del agregado fino contiene menos de la cantidad máxima que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) (véase la Tabla 1), el porcentaje límite permisible (L) en el agregado grueso puede incrementarse a $L=1+[(P)/(100-P)] (T-A)$, donde P = porcentaje de arena en el concreto como un porcentaje del agregado total, T = el límite de la Tabla 1 para la cantidad permisible en el agregado fino, y A = la cantidad real en el agregado fino. (Esto permite un cálculo en peso destinado a limitar el máximo material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en el concreto, al que se obtendría si ambos, el agregado fino y grueso, se suministraran al máximo porcentaje tabulado para cada uno de estos ingredientes.)

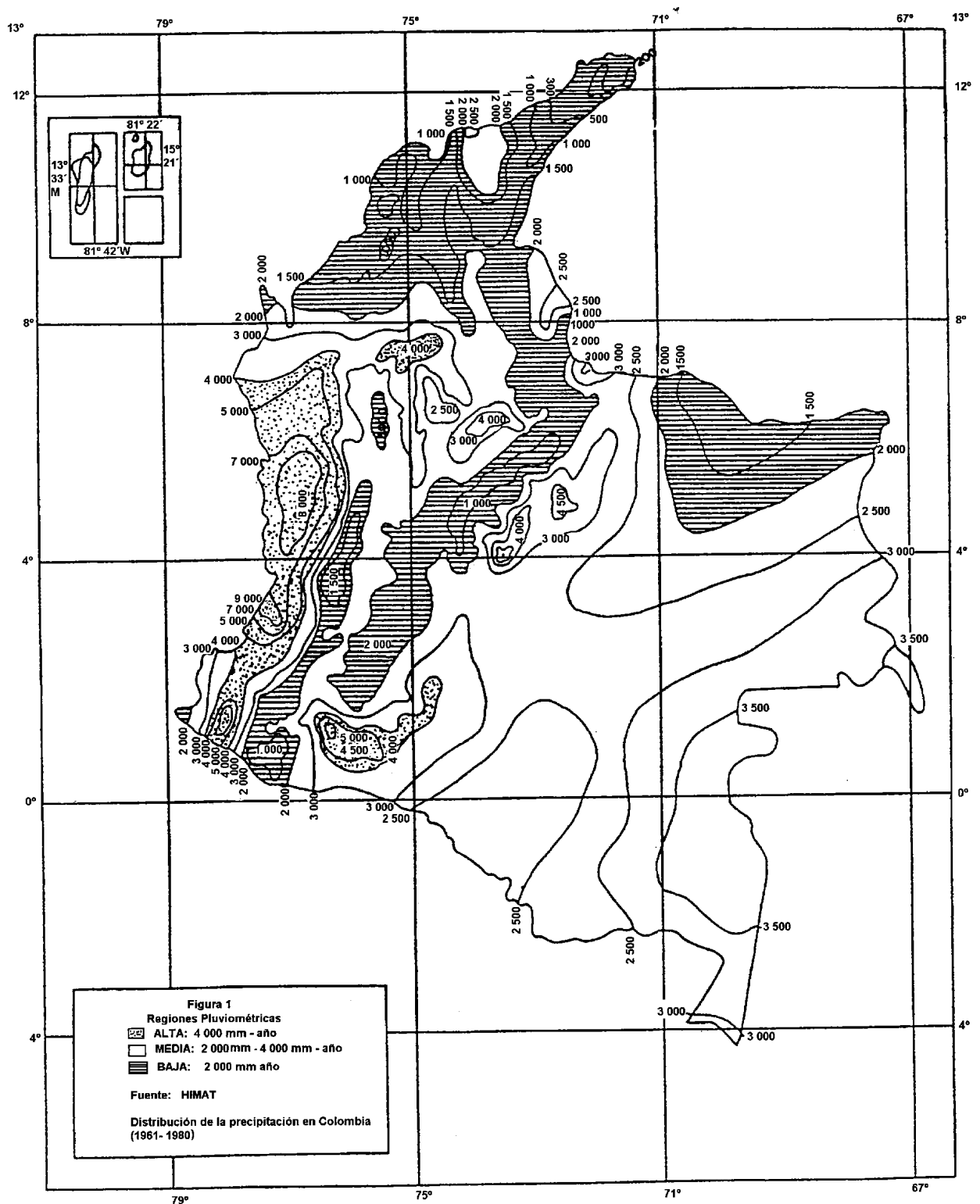


Figura 1. Localización de las regiones pluviométricas

MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO**12. MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO**

12.1 El muestreo y el ensayo de los agregados deben hacerse de acuerdo con los siguientes métodos, a menos que se especifique otra cosa en esta norma. Los ensayos exigidos se deben hacer sobre especímenes que cumplan con los requisitos de los métodos de ensayo designados. Se permite el uso del mismo espécimen de ensayo para el análisis granulométrico y para la determinación del material que pasa el tamiz 75 μm , (No. 200). Para la preparación de muestras para los ensayos de sanidad y abrasión, se permite el uso de tamaños separados del análisis de granulometría. Para la determinación de todos los otros ensayos y para la evaluación de la reactividad potencial del álcali en donde se requiere, se usan especímenes de ensayo independientes.

12.1.1 Muestreo

Véase la NTC 129 (ASTM D 75) y la norma ASTM D 3665.

12.1.2 Gradación y módulo de finura

Véase la NTC 77 (ASTM C 136).

12.1.3 Cantidad que pasa el tamiz 75 μm (No. 200)

Véase la NTC 78 (ASTM C 117).

12.1.4 Impurezas orgánicas

Véase la NTC 127 (ASTM C 40).

12.1.5 Efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia

Véase la NTC 579 (ASTM C 87).

12.1.6 Sanidad

Véase la NTC 126 (ASTM C 88).

12.1.7 Terrones de arcilla y partículas deleznales

Véase la NTC 589 (ASTM C 142).

12.1.8 Carbón y lignito

Véase la NTC 130 (ASTM C 123), usando un líquido de gravedad específica igual a 2,0, para remover las partículas de carbón y lignito. Sólo se debe considerar como carbón o lignito el material que es pardo oscuro o negro. El coque no se debe clasificar como carbón o lignito.

12.1.9 Masa unitaria de la escoria

Véase la NTC 92 (ASTM C 29).

12.1.10 Abrasión del agregado grueso

Véase la NTC 98 (ASTM C 131) o NTC 93 (ASTM C 535).

12.1.11 Agregados reactivos

Véase el Anexo A

12.1.12 Hielo y deshielo

Los procedimientos para realizar ensayos de hielo y deshielo del concreto se describen en la norma ASTM C 666.

12.1.13 Chert

La NTC 130 (ASTM C 123) se usa para identificar en una muestra de agregado grueso, partículas con gravedad específica 2,40 y la NTC 3773 (ASTM C 295), para identificar cuáles partículas en la fracción liviana son *cherts*.

13. PALABRAS CLAVE

13.1 Agregados; agregado grueso; agregados de concreto; agregado fino.

Anexo A (Informativo)**MÉTODOS PARA EVALUAR LA REACTIVIDAD POTENCIAL DE UN AGREGADO**

A.1 Se han propuesto varios métodos para la detección de la reactividad potencial. Sin embargo, no proporcionan información cuantitativa sobre el grado de reactividad que se puede esperar o tolerar en servicio. Por lo tanto, se recomienda que la evaluación de la reactividad potencial de un agregado se base en el criterio e interpretación de los datos sobre los ensayos, y en el examen de las estructuras de concreto que contienen una combinación de agregados finos y gruesos y de cementos para uso en una nueva obra. Los resultados de los siguientes ensayos pueden ser de utilidad para la evaluación.

A.1.1 NTC 3773 (ASTM C 295). Se sabe de algunos materiales que son reactivos con los álcalis del cemento. Estos incluyen las siguientes formas de sílice: ópalo, calcedonia, tridimita y cristobalita; el vidrio volcánico con tendencia ácida (rico en sílice) como tal, es probable que se presente en la riolita, andesita, o dacita; algunas ceolitas, tales como la heulandita; y algunos constituyentes de algunas filitas. La determinación de la presencia y cantidades de estos materiales por examen petrográfico es útil en la evaluación de la reactividad potencial de los álcalis. Algunos de estos materiales producen un agregado reactivo nocivo cuando están presentes en pequeñas cantidades como el 1,0 % ó menos.

A.1.2 NTC 175 (ASTM C 289). En este ensayo, los agregados representados por puntos que están a la derecha de la línea oscura de la Figura 2 de esta norma, usualmente se deben considerar potencialmente reactivos.

A.1.2.1 Si R_c es mayor de 70, el agregado se considera potencialmente reactivo, si S_c es mayor que R_c .

A.1.2.2 Si R_c es menor de 70, el agregado se considera potencialmente reactivo si S_c es mayor de $35 + (R_c/2)$.

A.1.2.3 Estos criterios están en conformidad con la curva de línea sólida que se presenta en la Figura 2 de la NTC 175 (ASTM C 289). El ensayo se puede hacer rápidamente, y, aunque no es absolutamente confiable en todos los casos, proporciona información de utilidad, en especial cuando no se dispone de resultados de los ensayos más dispendiosos.

A.1.3 Norma ASTM C 227. Los resultados de este ensayo cuando se realiza con un cemento con contenido de álcalis alto, proporcionan información sobre la posibilidad de que ocurran reacciones peligrosas. El contenido de álcalis del cemento debe estar sustancialmente por encima del 0,6 % y preferiblemente por encima del 0,8%, expresado como óxido sódico. Las combinaciones de agregado y cemento que han producido expansión excesiva en este ensayo, generalmente se deben considerar potencialmente reactivas. Aunque la línea de demarcación entre las combinaciones reactivas y no reactivas no está definida claramente, en general, se considera que la expansión es excesiva si es mayor del 0,05 % a los tres meses, o del 0,10 % a los 6 meses. Las expansiones mayores del 0,05 % a los 3 meses no se deben considerar excesivas si la expansión a los 6 meses permanece por debajo del 0,10 % Los datos para los ensayos de tres meses se deben considerar solamente cuando no se dispone de resultados a 6 meses.

A.1.4 Norma ASTM C 342. Este ensayo está previsto principalmente para investigación concerniente a la expansión potencial de las combinaciones cemento-agregado sujetas a variaciones de temperatura y saturación de agua durante el almacenamiento en las condiciones de ensayo prescritas.

A.1.4.1 Además de su utilidad para las investigaciones, este ensayo resulta útil para la selección de agregados de los así llamados tipo grava-arena, que contienen muy poco material grueso; generalmente del 5 % al 15 % se retienen en el tamiz 4,75 mm (No. 4). Se ha trabajado bastante acerca de los problemas que se presentan en el uso de estos agregados con éxito en el concreto. Un informe a este respecto se presenta en: "Final Report of Cooperative Tests of Proposed Tentative Method of Test for Potential Volume Change of Cement-Aggregate Combinations", Apéndice al Comité C-9 Report, Proceedings, ASTM, Volume 54, p. 356. Éste indica que las combinaciones cemento-agregado ensayadas mediante este procedimiento, en el cual la expansión es igual o superior al 0,200 % en un año, se pueden considerar no satisfactorias para uso en concreto expuesto a amplias variaciones de temperatura y grado de saturación con agua.

A.1.5 Reactividad potencial de los agregados de carbonato. Se ha encontrado que la reacción de la dolomita en algunas rocas de carbonato, con el álcalis presente en la pasta de cemento Pórtland, está asociada con la expansión perjudicial de concreto que contiene estas rocas como agregado grueso. Las rocas de carbonato capaces de esta reacción poseen una textura y composición características. La textura característica es aquella en la que en una matriz de granos más finos de calcita y arcilla hay dispersos cristales de dolomita relativamente grandes. La composición característica es aquella en la que la porción de carbonato está compuesta de cantidades sustanciales de dolomita y calcita, y el residuo insoluble en ácido contiene una cantidad considerable de arcilla. Excepto en algunas áreas, estas rocas son poco frecuentes y pocas veces constituirían una porción significativa del material presente en un depósito de roca que se está considerando para uso en la preparación de agregados para concreto. La norma ASTM C 586 ha sido utilizada con bastante éxito en la investigación y tamizado preliminar de las fuentes de agregados, para señalar la presencia de material con un potencial de expansiones nocivas cuando se utiliza en concreto.

A.2 OCURRENCIA DE AGREGADOS REACTIVOS EN COLOMBIA

La extensión y localización de los terrenos geológicos en los que se encuentran los materiales considerados potencialmente reactivos se ilustran en la Figura 2.

En la Figura 1 se sintetiza la información sobre la ocurrencia de rocas con minerales susceptibles a reaccionar con los álcalis del cemento en Colombia, discriminada según los diferentes terrenos geológicos.

La ocurrencia de los minerales reactivos en aluviones y materiales de arrastre, que constituyen la fuente más común de agregados pétreos para la construcción. La explotación de los aluviones y materiales de arrastre da lugar a la utilización de materiales recogidos en sitios relativamente alejados de su lugar de origen, e incluso a la concentración de algunos materiales reactivos que, como la lidita y el cuarzo, son físicamente más resistentes que otros componentes de la roca de la cual proceden.

No.	Terreno	Rocas fuente de agregados
1	Garzón	Intrusivos granitoides, charnoquitas, migmatitas, granulitas, neises félsicos.
2	Payandé	Intrusivos granitoides, riolitas, traquitas, andesitas, migmatitas, granulitas, neises félsicos, calizas, areniscas.
3	Cajamarca	Intrusivos granitoides, neises, cuarcitas, mármoles.
4	Cauca Romeral	Plutones calcoalcalinos, andesitas, basaltos toleíticos, neises, esquistos, liditas o cherts.
5	Dagua	Plutones calcoalcalinos, basaltos toleíticos, calizas, liditas o cherts.
6	Cañas Gordas	Plutones calcoalcalinos, basaltos toleíticos, calizas, liditas o cherts.
7	Baudó	Basaltos pobres en k, liditas, calizas.
8	Sinú	Liditas y calizas
9	Buriticá	Plutones calcoalcalinos, andesita, basaltos, tobas, liditas
10	San Jacinto	Calizas, liditas, areniscas calcáreas.
11	San Lucas	Granitoides, lavas riolíticas y riolitas, tobas, neises cuarzo fedespáticos.
12	Santander	Granitoides, riolitas, andesitas, neises félsicos, mármoles, calizas.
13	Perijá	Granitoides, riolitas, tobas riolíticas, calizas.
14	Sierra Nevada	Granitoides, riolitas, andesitas, neises félsicos, calizas.
15	Baja Guajira	Riolitas, espilitas de bajo Al, esquistos félsicos, mármoles, calizas.
16	Cosinas	Granitoides, flujos riolíticos, neises félsicos, mármoles, calizas.
Tomado de INGEOMINAS, U.S.G.S., 1983, mapa de terrenos geológicos de Colombia, publicaciones geológicas especiales de Ingeominas, Bogotá; HOYOS P.F. Y Mejía V.M. VIII Simposio sobre patología de construcciones. reactividad alcalina de los agregados pétreos en Colombia. Universidad Nacional de Colombia Seccional Medellín.		



Figura 2. Mapa de los terrenos geológicos agregados potencialmente reactivos en Colombia

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Concrete Aggregates. Philadelphia. 1997, 7p. 2 il. (ASTM C 33).

2007-09-26

CONCRETOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS



E: STANDARD TEST METHOD FOR SIEVE ANALYSIS OF FINE
AND COARSE AGGREGATES

CORRESPONDENCIA: esta norma es idéntica (IDT) a la
norma ASTM D136:2005, Copyright ©
ASTM International. 100 Barr Harbor
Drive, West Conshohocken, PA 19429,
United States.

DESCRIPTORES: agregado; agregado grueso; agregado
fino; graduación; gradación; análisis
por tamizado; análisis granulométrico;
ensayo físico; ensayo.

I.C.S.: 91.100.20; 19.120.00

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

Segunda actualización
Editada 2007-10-12

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 77 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2007-09-26

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 100 Concreto, mortero y agregados.

AGRECÓN S.A.
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
PRODUCTORES DE CONCRETO – ASOCRETO –
ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES
DE LADRILLO Y DERIVADOS DE LA
ARCILLA – ANFALIT –
BRK LTDA.
CAPISCO LTDA
CEMENTO ARGOS S.A.
CEMEX COLOMBIA S.A.
CONCRETO S.A.
CONCRELAB S.A.
CONCRETERA TREMIX S.A.
CONIKA CONSULTORES LTDA.
DEGUSSA MBT S.A.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ – EAAB –
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
GRAVILLERA ALBANIA S.A.
HOLCIM S.A.
IMOCOM S.A.
INSTITUTO COLOMBIANO DE
PRODUCTORES DE CEMENTO – ICPC –
LABORATORIOS CONTECON URBAR S.A.
MANUFACTURAS DE CEMENTO S.A. – TITAN –
PISOTEX S.A.
RINA LTDA
SOCIEDAD COLOMBIANA DE
INGENIEROS – SCI –
TECNOLOGIA EN OBRA LTDA.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGOFER S.A.
CALCULO Y CONSTRUCCIONES E.U.
CAMACOL
CONCRETOS DE OCCIDENTE S.A.
DICENTE LTDA
ECOPETROL
INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
METROCONCRETO S.A.

MINISTERIO DE COMERCIO INDUSTRIA
Y TURISMO
MURCIA MURCIA S.A.
PROALCO S.A.
SIKA ANDINA S.A.
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
TOXEMENT S.A.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

UNIVERSIDAD JAVERIANA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
0. INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	2
3. TERMINOLOGÍA	2
3.1 DEFINICIONES	2
4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO	2
5. IMPORTANCIA Y USO	2
6. APARATOS.....	3
6.1 BALANZAS	3
6.2 TAMICES.....	3
6.3 TAMIZADORA MECÁNICA	3
6.4 HORNO.....	3
7. MUESTREO.....	4
8. PROCEDIMIENTO.....	5
9. CÁLCULOS	7
10. INFORME	8

	Página
11. PRECISIÓN	8
11.1 PRECISIÓN	8
11.2 SESGO	10
12. PALABRAS CLAVE	10
DOCUMENTO DE REFERENCIA	10
TABLAS	
Tabla 1. Cantidad máxima permisible de material retenido en un tamiz, kg	6
Tabla 2. Precisión	9
Tabla 3. Datos sobre la precisión para las muestras de ensayo de 300 g y 500 g	10

**CONCRETOS.
MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO
DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS**

0. INTRODUCCIÓN

La NTC 77 es una adopción idéntica (IDT) por traducción de la ASTM C136:2005, con los siguientes cambios editoriales:

- Se incluyen las referencias a las NTC equivalentes a las normas ASTM referenciadas
- Se incluyen como básicas las unidades en el Sistema Internacional
- Aunque en el país no se han realizado ensayos interlaboratorios para determinar la precisión y el sesgo de esta ensayo, a manera de información se relacionan los valores encontrados por la ASTM

1. OBJETO

1.1 Esta norma abarca la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados finos y gruesos, a través de un proceso de tamizado.

1.2 Algunas especificaciones para agregados que se referencian en esta norma contienen requisitos de gradación que abarcan tanto la fracción gruesa como la fina. Se incluyen, por tanto las instrucciones para el análisis por tamizado de estos agregados.

1.3 Los valores se rigen de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000). La especificación NTC 32 (ASTM E11) designa el tamaño del marco de los tamices en pulgadas como una norma, pero en este método de ensayo el tamaño del marco designado en el sistema internacional de unidades es exactamente equivalente a las unidades en pulgadas.

1.4 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de las regulaciones primordiales por usar.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 32, Tejido de alambre y tamices para propósitos de ensayo. (ASTM E11)

NTC 78, Ingeniería civil y arquitectura. Método para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75 μm en agregados minerales. (ASTM C117)

NTC 129, Ingeniería civil y arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados. (ASTM D75)

NTC 385, Ingeniería civil y arquitectura. Terminología relativa al concreto y sus agregados. (ASTM C125)

NTC 1000, Metrología. Sistema Internacional de Unidades. (ISO 1000).

NTC 3674, Ingeniería civil y arquitectura. Práctica para la reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo para la realización de ensayos (ASTM C702)

ASTM C637, *Specification for Aggregates for Radiation- Shielding Concrete*.

ASTM C670, *Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials*.

AASHTO No. T27 *Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.

3. TERMINOLOGÍA

3.1 DEFINICIONES

Para los términos usados en esta norma, véase la terminología de la NTC 385 (ASTM C125).

4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Una muestra de agregado seco previamente pesada, se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más reducidas para la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas.

5. IMPORTANCIA Y USO

5.1 Este método de ensayo se usa principalmente para determinar la gradación de los materiales propuestos para usarse como agregados, o que se están utilizando como tales. Los resultados se usan para determinar la correlación entre la distribución de los tamaños de las partículas y los requisitos específicos de aplicación, y para suministrar los datos necesarios para el control de la producción de varios materiales y mezclas que contienen agregados. Los datos también pueden ser útiles en la determinación de las relaciones de porosidad y entramamiento.

5.2 La determinación precisa del material fino menor de 75 μm (tamiz No. 200) no puede realizarse por medio del tamizado únicamente. Para el tamizado por lavado del material que pasa el tamiz de 75 μm debe emplearse la NTC 78 (ASTM C117).

5.3 Referirse a métodos de muestreo y ensayo de la especificación ASTM C637 para agregados pesados.

6. APARATOS

6.1 BALANZAS

Las balanzas o básculas usadas en los ensayos sobre agregados gruesos y finos deben tener la siguiente precisión y legibilidad.

6.1.1 Para agregados finos, que se pueda leer hasta 0,1 g y con una precisión de 0,1 g ó del 0,1 % de la carga de ensayo, la que sea mayor de las dos, en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

6.1.2 Para agregados gruesos, o para mezclas de agregados gruesos y finos, una lectura y aproximación de 0,5 g ó del 0,1 % de la carga de ensayo, la que sea mayor de las dos, en cualquier punto dentro del intervalo de uso.

6.2 TAMICES

Los tamices deben montarse en marcos contruidos de tal manera que se prevengan las pérdidas de material durante el tamizado. Los tamices deben cumplir los requisitos de la NTC 32 (ASTM E11). Los marcos de tamices no estandarizados deben ser conformes con los requisitos de la NTC 32 (ASTM E11) en la medida en que sea aplicable.

NOTA 1 Se recomienda que los tamices montados en marcos superiores en diámetro a los normalizados de 203 mm se usen para ensayar agregados gruesos para reducir la posibilidad de sobrecargar el tamiz; véase el numeral 8.3.

6.3 TAMIZADORA MECÁNICA

Si se usa, debe impartir un movimiento vertical, o un movimiento lateral y vertical al tamiz, haciendo que las partículas presenten diferentes orientaciones con respecto a la superficie del tamiz. La acción de tamizado debe ser aquella que cumpla con el criterio de calidad descrito en el numeral 8.4 en un periodo de tiempo razonable.

NOTA 2 El uso de una tamizadora mecánica se recomienda cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg o mayor, y se puede usar para pequeñas muestras, incluidas las de agregado fino. Un tiempo excesivo (superior a 10 min) de la operación de tamizado, puede producir la degradación de la muestra. Una misma tamizadora mecánica puede no ser apropiada para todos los tamaños de muestras, dado que la mayor área de tamizado necesaria para el tamizado práctico de agregados gruesos con tamaños nominales puede producir, muy probablemente, la pérdida de una porción de muestra si se usa un agregado grueso o fino.

6.4 HORNO

Se debe utilizar un horno de tamaño adecuado capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7. MUESTREO

7.1 Se deben tomar muestras al agregado conforme a lo establecido en la NTC 129 (ASTM D75). La masa de la muestra de campo debe ser la misma de la indicada en la NTC 129 (ASTM D75), o cuatro veces la masa requerida en los numerales 7.4 y 7.5 (excepto cuando se modifica en el numeral 7.6), la que sea mayor de las dos.

7.2 Se mezcla completamente la muestra y se reduce a una cantidad apropiada para el ensayo usando los procedimientos aplicables descritos en la NTC 3674 (ASTM C702). La muestra para el ensayo debe ser aproximadamente de la masa deseada cuando se seca, y debe tomarse del resultado final de la reducción. No se permite la reducción hasta una masa exacta previamente determinada.

NOTA 3 Cuando el único propósito del ensayo es el de analizar el tamizado, incluyendo la fracción tamizada de finos menores de 75 μm , puede reducirse el tamaño de la muestra con el fin de evitar el envío de cantidades excesivas de material extra al laboratorio.

7.3 Agregado fino. El tamaño de la muestra de ensayo, después del secado, debe ser mínimo 300 g.

7.4 Agregado grueso. El tamaño de la muestra de agregado grueso debe conformarse a partir de los siguientes valores:

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas (mm)	Masa mínima Muestra de ensayo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50,0	20
63,0	35
75,0	60
90,0	100
100,0	150
125,0	300

7.5 Mezclas de agregados finos y gruesos. El tamaño de la muestra de la mezcla de agregados finos y gruesos debe ser la misma que la presentada para el agregado grueso en el numeral 7.4.

7.6 Muestras de agregados gruesos de gran tamaño. El tamaño de la muestra requerido para agregados con tamaños máximos nominales grandes es de tal magnitud que excluye todo tipo de ensayos, excepto los llevados a cabo con grandes tamizadores mecánicos. Sin embargo, los propósitos de la norma se pueden satisfacer por muestras de agregados con tamaños máximos nominales superiores a 50 mm si se usa una masa de muestra baja, sin olvidar que el criterio para la aceptación o rechazo del material está basado en el promedio de los resultados de muchas muestras, de forma tal que el tamaño de muestra usado en las muestras promediadas debe igualar el mínimo de masa de muestras presentado en el numeral 7.4.

7.7 En el caso de que la cantidad de material fino menor de 75 μm (No. 200) se tamice según la NTC 78 (ASTM C117), se debe proceder de la siguiente forma:

7.7.1 Para agregados con tamaños máximos nominales de 12,5 mm o inferiores, se usa la misma cantidad de muestra de la NTC 78 (ASTM C117) y las presentadas en esta norma. Primero se ensaya la muestra de acuerdo con la NTC 78 (ASTM C117), durante la etapa final de la operación de secado, y luego se tamiza en seco la muestra como se indica en los numerales 8.2 hasta el numeral 8.7 de esta norma.

7.7.2 Para agregados con tamaños nominales máximos mayores de 12,5 mm, se puede utilizar una única muestra como se describe en el numeral 7.7.1, o diferentes muestras siguiendo la presente norma y la NTC 78 (ASTM C117).

7.7.3 Cuando por las especificaciones, se requiera la determinación de la cantidad total de material de finos menores de 75 μm por tamizado, lavado y tamizado en seco, se utiliza el procedimiento del numeral 7.7.1.

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Se seca la muestra hasta que alcance una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTA 4 Para propósitos de control, particularmente cuando se desee obtener resultados rápidos, generalmente no es necesario secar el agregado grueso para el análisis del método de tamizado. Los resultados se ven ligeramente afectados por el contenido de humedad cuando:

- 1) El tamaño máximo nominal es menor de 12,5 mm.
- 2) El agregado grueso contiene una fracción importante de finos menores de 4,75 mm (No. 4).
- 3) El agregado grueso es altamente absorbente (un agregado de masa ligera, por ejemplo). Así mismo, las muestras pueden someterse a secado por altas temperaturas asociadas con el uso de estufas provistas de escapes de vapor, sin que se afecten los resultados y sin que se generen presiones lo suficientemente grandes como para fracturar las partículas, y bajo temperaturas no tan elevadas como para causar la descomposición química del agregado.

8.2 Se deben seleccionar los tamaños adecuados de los tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubren el material ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser deseable para la obtención de otro tipo de información, como el valor del módulo de finura, o para regular la cantidad de material en los tamices. El encaje de los tamices debe hacerse en orden decreciente según el tamaño de las aberturas de arriba hacia abajo y se debe colocar la muestra en el tamiz superior. Se agitan los tamices así dispuestos manualmente, o mediante el uso de tamizadora mecánica por un tiempo suficiente, establecido al tanteo o controlado por mediciones en la muestra real, conociendo el criterio de tamizado descrito en el numeral 8.4.

8.3 Se limita la cantidad de material en un tamiz determinado, para que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del mismo, un cierto número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores de 4,75 mm (No. 4), la masa retenida en cualquier tamiz al final de la operación de tamizado no debe exceder de 7 kg/m^2 de superficie del tamiz (Véase la Nota 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (No. 4) o mayores, la cantidad retenida en kg/m^2 superficie del tamiz, no debe exceder en 2,5 veces la abertura del tamiz en mm. Esta cantidad es mostrada en la Tabla 1 para cinco dimensiones de marcos de tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida debe ser superior al valor que pueda causar la deformación permanente del tejido del tamiz.

Tabla 1. Cantidad máxima permisible de material retenido en un tamiz, kg

Tamaño de apertura del tamiz, mm	Dimensiones nominales de los tamices ^A				
	203,2 mm diámetro ^B	254 mm diámetro ^B	304,8 mm diámetro ^B	350 mm x 650 mm	372 mm x 580 mm
	Área de tamizado, m ²				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,122 5	0,215 8
125,0	c	c	c	c	67,4
100,0	c	c	c	30,6	53,9
90,0	c	c	15,1	27,6	48,5
75,0	c	8,6	12,6	23,0	40,5
63,0	c	7,2	10,6	19,3	34,0
50,0	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6
^A Dimensiones del marco del tamiz en pulgadas: 8,0 pulgadas de diámetro, 10,0 pulgadas de diámetro; 12,0 pulgadas de diámetro; 13,8 pulgadas por 13,8 pulgadas (14 x 14 pulgadas nominal); 14,6 por 22,8 pulgadas (16 por 24 pulgadas nominal).					
^B El área del tamiz para bastidores redondos se encuentra basado en un diámetro efectivo de 12,7 (1/2 pulgada) menos que el diámetro nominal, debido a que la NTC 32 (ASTM E11) permite que el sello entre la malla del tamiz y el marco se extiende 6,35 mm (1/4 de pulgada) sobre la malla del tamiz. Así, el diámetro efectivo de tamizado para un bastidor de 203 mm de diámetro es 190 mm (7,5 pulgadas). Algunos fabricantes de tamices pueden reducir solamente hasta 6,35 mm (1/4 de pulgada) la malla del tamiz.					
^C Los tamices señalados tienen menos de cinco aberturas completas y no deben usarse para ensayos granulométricos, excepto como se menciona en el numeral 8.6.					

8.3.1 Para prevenir la sobrecarga de material en un tamiz individual se debe usar uno de los siguientes métodos:

8.3.1.1 Se inserta un tamiz adicional con tamaño de abertura intermedio entre el tamiz que se puede sobrecargar y el tamiz inmediatamente superior en el juego original de tamices

8.3.1.2 Se separa la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Se combinan las masas retenidas en cada tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz

8.3.1.3 Se usan tamices que tengan un marco de tamaño superior y provean una mayor área de tamizado.

NOTA 5 Los 7 kg/m² corresponden a una cantidad de 200 g para el tamiz común de 203 mm de diámetro. (con un diámetro efectivo de superficie de tamizado de 190 mm).

8.4 Se sigue el tamizado por un período de tiempo suficiente de tal forma que, después de completado, no más del 1 % en masa del residuo en cualquier tamiz individual logre atravesarlo durante 1 min de tamizado manual continuo, desarrollado de la siguiente manera:

Se separa el tamiz individual provisto de un recipiente cubierto y suficientemente ajustado y se coloca sobre una mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea rigurosamente la cara del tamiz con un movimiento ascendente contra la palma de la otra mano, a una tasa aproximada de 150 veces por minuto, rotando el tamiz en un sexto de revolución en intervalos de 25 golpes. En el tamizado de partículas superiores de 4,75 mm (No. 4), hay que asegurar que el material ocupe una sola capa. Si el tamaño de los tamices montados para el ensayo hace impráctico el movimiento de los tamices antes descrito, se deben usar tamices de 203 mm de diámetro para verificar la eficacia del tamizado.

8.5 En el caso de mezclas de agregados finos y gruesos, la fracción fina de la muestra menor que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), puede distribuirse en dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga individual de los mismos. (Véase el numeral 8.3.1)

8.5.1 Alternativamente, la porción de finos menores que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), se puede reducir en tamaño usando un separador mecánico según la NTC 3674 (ASTM C702). Si se sigue este procedimiento, se calcula la masa de cada fracción de la muestra original por la relación

$$M_o = \frac{M_1}{M_2} \times M_t$$

en donde

M_o	=	masa de la porción en la muestra original total
M_t	=	masa de la fracción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) en la muestra total
M_2	=	masa de la porción de material reducido más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) realmente tamizado
M_1	=	masa de la fracción en la porción reducida tamizada.

8.6 Si no se usa una tamizadora mecánica, se deben tamizar manualmente partículas superiores a 75 mm para determinar la menor abertura del tamiz a través de la cual puede pasar cada partícula. Se inicia el ensayo en el tamiz más pequeño a usar. Se rotan las partículas, si es necesario, con el fin de determinar cuál de ellas pasa a través de una abertura dada. Sin embargo, no se debe forzar el paso de las partículas a través de las aberturas.

8.7 Se determina la masa de cada porción de la muestra en una balanza o bascula según los requisitos del numeral 5.1, con una precisión del 0,1 % de la masa seca total original de la muestra. La masa total del material después del tamizado debe controlarse rigurosamente a partir de la masa original de la muestra colocada en los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3 %, basándose en la masa total de la muestra seca, los resultados no se pueden usar para propósitos de decisión.

8.8 Si la muestra se ha ensayado previamente según la NTC 78 (ASTM C117), se suma a la masa de los finos menores que el tamiz de 75 μ m (No. 200) determinado por aquella norma, la masa del material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) por tamizado en seco de la misma muestra en esta norma.

9. CÁLCULOS

9.1 Se calculan los porcentajes de material que pasan cada tamiz, los porcentajes totales de material retenido en los mismos, o los porcentajes en varias fracciones con una aproximación del 0,1 % con base en la masa total de la muestra seca. Si la misma muestra se ha ensayado inicialmente bajo los requisitos de la NTC 78 (ASTM C117), se incluye la masa del material fino menor de 75 μ m (No. 200) obtenido por lavado en el análisis de los cálculos del tamizado; se debe usar la masa total de la muestra seca antes del lavado, en la NTC 78 (ASTM C117), como la base para el cálculo de todos los porcentajes.

9.1.1 Cuando los incrementos en la muestra son ensayados como se estipula en el numeral 7.6, se totaliza la masa de la porción de incremento retenido en cada tamiz y se usan estas masas para calcular los porcentajes como se estipula en el numeral 9.1

9.2 Se calcula el módulo de finura, si se requiere, como la suma de los porcentajes acumulados en la serie normalizada de tamices desde el de 150 μm en adelante y divididos por 100. Los tamices de la serie normalizada son: 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm, 19,0 mm, 37,5 mm y mayores, incrementándose la tasa de 2 a 1

10. INFORME

10.1 Dependiendo principalmente de las especificaciones para el uso del material bajo ensayo, el informe debe incluir lo siguiente:

10.1.1 Porcentaje total de material que pasa cada tamiz

10.1.2 Porcentaje total de material retenido en cada tamiz

10.1.3 Porcentaje de material retenido entre tamices consecutivos.

10.2 Se presentan porcentajes redondeados al número entero más próximo, excepto si el porcentaje de material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) es menor del 10 %, en cuyo caso se debe redondear al 0,1 %.

10.3 Se informa el valor calculado del módulo de finura, si se requiere, con una aproximación de 0,01.

11. PRECISIÓN Y SESGO

La siguiente información corresponde a estudios efectuados en los Estados Unidos de América. Por lo tanto, y mientras no se efectúen los mismos tipos de estudio en Colombia, esta información será simplemente una referencia.

11.1 PRECISIÓN

Los estimativos de precisión de la norma presentados en la Tabla 2 están basados en los resultados de la *AASHTO Materials Reference Laboratory Reference Sample Program*, con ensayos elaborados según la NTC 77 (ASTM C136) y la norma AASHTO T27. La información está basada en el análisis de resultados de ensayos de 65 a 233 laboratorios que ensayaron 18 parejas de agregados gruesos y muestras de ensayo y resultados de ensayos de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de agregado fino (muestras de la 21 a la 90). Los valores en la tabla son dados para diferentes rangos del porcentaje total de agregados que pasan un tamiz.

11.1.1 La precisión de los valores del agregado fino en la Tabla 2 están basados en muestras nominales de ensayo de 500 g. La revisión de este método en 1994 permite que el tamaño de las muestras de los ensayos del agregado fino sea como mínimo de 300 g. El análisis de resultados de los ensayos de muestras de 300 g y 500 g de agregados con un mismo comportamiento para las muestras 99 y 100 (las muestras 99 y 100 fueron esencialmente idénticas) producen los valores de precisión dados en la Tabla 3, los cuales indican solamente diferencias menores debido al tamaño de la muestra de ensayo.

NOTA 6 Los valores para agregado fino en la Tabla 2 serán revisados para reflejar el tamaño de la muestra de 300 g cuando se de un valor suficiente de ensayos de agregados que conduzcan a que el tamaño de la muestra sea confiable

Tabla 2. Precisión

	Porcentaje total del material que pasa		Desviación estándar (1 s) % ^A	Intervalo aceptable de dos resultados (d2s) ^A %
Agregado grueso: ^B				
Precisión de un mismo operador	<100	≥95	0,32	0,9
	<95	≥85	0,81	2,3
	<85	≥80	1,34	3,8
	<80	≥60	2,25	6,4
	<60	≥20	1,32	3,7
	<20	≥15	0,96	2,7
	<15	≥10	1,00	2,8
	<10	≥5	0,75	2,1
	<5	≥2	0,53	1,5
	<2	>0	0,27	0,8
Precisión multilaboratorio	<100	≥95	0,35	1,0
	<95	≥85	1,37	3,9
	<85	≥80	1,92	5,4
	<80	≥60	2,82	8,0
	<60	≥20	1,97	5,6
	<20	≥15	1,60	4,5
	<15	≥10	1,48	4,2
	<10	≥5	1,22	3,4
	<5	≥2	1,04	3,0
	<2	>0	0,45	1,3
Agregado fino				
Agregados finos	<100	≥95	0,26	0,7
Precisión de un mismo operador				
	<95	≥60	0,55	1,6
	<60	≥20	0,83	2,4
	<20	≥15	0,54	1,5
	<15	≥10	0,36	1,0
	<10	≥2	0,37	1,1
	<2	>0	0,14	0,4
Precisión multilaboratorio	<100	≥95	0,23	0,6
	<95	≥60	0,77	2,2
	<60	≥20	1,41	4,0
	<20	≥15	1,10	3,1
	<15	≥10	0,73	2,1
	<10	≥2	0,65	1,8
	<2	>0	0,31	0,9
^A Estos números representan los límites (1s) y (d2s), respectivamente, según la norma ASTM C670				
^B La precisión estimada está basada en los agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 19 mm				

Tabla 3. Datos sobre la precisión para las muestras de ensayo de 300 g y 500 g

Aprovechamiento de la muestra de áridos finos				Un laboratorio		Entre laboratorios	
Resultados de los ensayos	Tamaño de la muestra g	No. de laboratorios	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
NTC 77	500	285	99,992	0,027	0,066	0,037	0,104
Total del material que pasa el tamiz 4,75mm (No. 4) (%)	300	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Total del material que pasa el tamiz 2,36 mm (No. 8) (%)	500	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Total del material que pasa el tamiz 1,18 mm (No. 16) (%)	500	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Total del material que pasa el tamiz 600 μ m (No. 30) (%)	500	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Total del material que pasa el tamiz 300 μ m (No. 50) (%)	500	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Total del material que pasa el tamiz 150 μ m (No. 100) (%)	500	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Total del material que pasa el tamiz 74 μ m (No. 200) (%)	500	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

11.2 SESGO

Como no hay una referencia aceptada para determinar el sesgo en este método, no se toma una posición con respecto al sesgo

12. PALABRAS CLAVE

12.1 Agregado; agregado grueso; agregado fino; graduación; gradación; análisis por tamizado; análisis por tamaños.

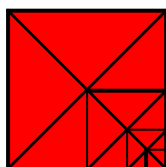
DOCUMENTO DE REFERENCIA

ASTM INTERNATIONAL. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. Philadelphia, 2005, 5p (ASTM C136:2005).

1995-11-29

INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

E: STANDARD TEST METHOD FOR SPECIFIC GRAVITY AND
ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE



MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente (EQV) a la
ASTM C127-93

DESCRIPTORES: concreto; hormigón; agregado;
método de ensayo; sismorresistencia

I.C.S: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Santafé de Bogotá, D.C. - Tel. 3150377 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Primera actualización

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y
LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

1. OBJETO

1.1 Este método de ensayo tiene por objeto determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. La densidad se puede expresar como densidad aparente, densidad aparente (SSS) (saturada y superficialmente seca), o densidad nominal. La densidad nominal (SSS) y la absorción se basan en el humedecimiento en agua del agregado después de 24 h. Este método de ensayo no está previsto para ser usado con agregados livianos.

1.2 Los valores se regirán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. NTC 1000 "Metrología".

1.3 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen disposiciones de esta norma. En el momento de su publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 32:1991, Tamices de tejido de alambre para ensayos.(ASTM E11)

NTC 77:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para el tamizado de los agregados finos y gruesos.(ASTM C 117)

NTC 129:1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados. (ASTM D75)

NTC 237:1995 Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar la densidad y absorción de los agregados finos. (ASTN C 128)

NTC 385:1999, Ingeniería Civil y Arquitectura. Terminología del cemento y el concreto.

NTC 1776:1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados. (ASTM C566)

NTC 1926:1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria, rendimiento y contenido de cemento y aire. (ASTM C138)

NTC 3674:1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para reducción de muestras de agregados tomadas en campo al tamaño de ensayo. (ASTM C 702)

2.2 NORMAS ASTM

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

D 448 Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction

E 12 Terminology Relating to Density and Specific Gravity of Solids, Liquids, and Gases

2.3 NORMA AASHTO

T 85 Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate

3. TERMINOLOGÍA

La densidad es la masa por unidad de volumen. Los calificativos nominal o aparente, se refieren a la forma de tomar el volumen del cuerpo, puesto que las partículas de los agregados para el concreto tienen porosidad; esa porosidad puede ser saturable o no saturable. Si se toma el volumen externo, el aparente, la densidad calculada será aparente; si del volumen aparente se elimina la porosidad saturable, la densidad se llama nominal, y si además de la porosidad saturable se elimina la porosidad no saturable, el volumen resultante es de material puro, y por lo tanto el cociente de la masa y ese volumen será la masa, sin calificativos,

Nota 1. En la literatura norteamericana (las normas ASTM) se utiliza el término **apparent** para referirse a lo que en la literatura colombiana y en esta norma se denomina **Nominal**, de igual forma ocurre con el término **Bulk** que en esta norma equivale al de **Aparente**.

3.1 DEFINICIONES

3.1.1 Absorción

El incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. El agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada.

3.1.2 Densidad

La relación entre la masa (en el aire) y el volumen del material.

3.1.2.1 Densidad nominal: la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables, y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

3.1.2.2 Densidad aparente: la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo sus poros saturables y no saturables, (pero sin incluir los vacíos entre partículas) y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

3.1.2.3 Densidad aparente (SSS): la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, (después de la inmersión en agua durante aproximadamente 24 h), pero sin incluir los vacíos entre partículas, comparado con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Nota 2. La terminología para la densidad se basa en términos de la Terminología E 12, y la de la absorción se basa en la NTC 385.

4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Una muestra de agregado se sumerge en agua durante 24 h aproximadamente para saturar los poros. Luego se remueve el agua y se seca la superficie de las partículas, y se determina su masa. Posteriormente, la masa de la muestra es determinada y sumergida en el agua. Finalmente, la muestra es seca al horno y se determina su masa una tercera vez. Se usan las masas obtenidas y con las fórmulas de este método de ensayo, se calculan tres tipos de densidad y la absorción.

5. SIGNIFICADO Y USO

5.1 La densidad aparente es la característica usada generalmente para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes tipos de mezclas, incluyendo el concreto de cemento Pórtland, el concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre la base de un volumen absoluto. La densidad aparente es también usada en el cálculo de los vacíos en el agregado en la NTC 1926. La densidad aparente (SSS) se usa si el agregado está húmedo, es decir, si se ha satisfecho su absorción. Inversamente, la densidad nominal (seca al horno) se usa para cálculos cuando el agregado está seco o se asume que está seco.

5.2 La densidad nominal concierne a la densidad relativa del material sólido sin incluir los poros saturables de las partículas constituyentes.

5.3 Los valores de la absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida por los poros saturables, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente como para colmar la mayoría de su potencial de absorción. El estándar de laboratorio para la absorción es el obtenido después de sumergir al agregado seco por 24 h en agua. Los agregados extraídos por debajo del nivel freático pueden tener una absorción más alta, cuando se usan, si no se dejan secar. Inversamente, cuando se usan algunos agregados pueden contener una cantidad de humedad absorbida menor que la condición húmeda por 24 h. Para un agregado que ha estado en contacto con el agua y que tiene humedad libre sobre las superficies de las partículas, el porcentaje de la humedad libre se puede determinar deduciendo la absorción del contenido de humedad total determinado con la NTC 1776.

5.4 Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son apropiados para determinar la absorción de los agregados que han tenido un acondicionamiento diferente al de la inmersión por 24 h, tal como el agua hirviendo o la saturación en vacío. Los valores de absorción obtenidos por otros métodos de ensayo serán diferentes de los obtenidos por la inmersión de 24 h: así como el de la densidad aparente SSS.

5.5 Los poros en los agregados livianos pueden o no llenarse con agua después de la inmersión por 24 h. De hecho muchos de tales agregados pueden permanecer sumergidos en agua por varios días sin colmar la mayoría del potencial de absorción. Por lo tanto, este método de ensayo no está previsto para usarse con agregados livianos.

6. APARATOS

6.1 BALANZA

Un aparato sensible, fácil de leer, con precisión del 0,05 % de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango usado para este ensayo, o 0,5 g, cualquiera que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un aparato apropiado para suspender el recipiente de la muestra en agua desde el centro de la plataforma de la balanza.

6.2 RECIPIENTE DE LA MUESTRA

Una canasta de malla de alambre con abertura de 3,35 mm o más fina, o un balde de aproximadamente de igual ancho y altura, con una capacidad de 4 l a 7 l para un tamaño máximo nominal del agregado de 37,5 mm o menos, y un recipiente más grande según se requiera para ensayar agregados de tamaño mayor. El recipiente debe ser construido de modo que no se atrape aire cuando se sumerja.

6.3 TANQUE DE AGUA

Un tanque de agua impermeable dentro del cual se puede colocar el recipiente de la muestra mientras se suspende por debajo de la balanza.

6.4 TAMICES

Un tamiz 4,75 mm u otros tamaños según se requiera (véanse los numerales 7.2, 7.3 y 7.4), conforme a la NTC 32.

7. MUESTREO

7.1 Se muestrea el agregado de acuerdo con la NTC 129.

7.2 Se mezcla completamente la muestra de agregado y se reduce a la cantidad requerida aproximada, se usan los procedimientos descritos en la norma ASTM C 702. Se rechaza todo el material que pase el tamiz 4,75 mm por tamizado en seco y lavado completo para remover el polvo u otros recubrimientos de la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad substancial de material más fino que el tamiz 4,75 mm (tales como los agregados de Tamaño No. 8 y No. 9 en la clasificación de la norma ASTM D 448), se usa el tamiz 2,36 mm en lugar del tamiz 4,75 mm y se ensaya el material más fino de acuerdo con la NTC 237.

7.3 La masa mínima de la muestra de ensayo se da en la Tabla 1. En muchos casos puede ser deseable ensayar un agregado grueso en varias fracciones de tamaño separadas; y si la muestra retiene más del 15 % en el tamiz 37,5 mm, se ensaya el material mayor de 37,5 mm en una o más fracciones separadas de las fracciones de menor tamaño. Cuando un agregado es ensayado en fracciones de tamaño separado, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción debe ser la diferencia entre las masas prescritas para los tamaños máximos y mínimos de la fracción.

Tabla 1. Masa mínima de las muestras

Tamaño nominal, mm	Masa mínima de la muestra de ensayo, kg
12,5 ó menos	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

7.4 Si la muestra es ensayada en dos o más fracciones de tamaños, se determina la gradación de la muestra de acuerdo con la NTC 77, incluyendo los tamices usados para separar las fracciones de tamaños para las determinaciones en este método. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción de tamaño, se ignora la cantidad de material más fino que el tamiz 4,75 mm (o tamiz 2,36 mm cuando se usa, de acuerdo con el numeral 7.2).

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Se seca la muestra de ensayo hasta obtener una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, enfríela en el aire a temperatura ambiente durante 1 h a 3 h para las muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de 37,5 mm, o más tiempo para muestras de tamaños más grandes hasta que el agregado se haya enfriado hasta una temperatura que sea cómoda de manipular (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Subsecuentemente, se sumerge el agregado en agua a temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Nota 3. Cuando se ensaye agregado grueso de tamaño máximo nominal grande que requiera grandes muestras de ensayo (véase numeral 7.3), puede ser más conveniente realizar el ensayo en dos o más sub-muestras, y combinar los valores obtenidos para los cálculos descritos en la Sección 9.

8.2 Cuando los valores de la absorción y la densidad vayan a ser usados en el proporcionamiento de mezclas de concreto en las cuales los agregados estén en su condición de humedad natural, se puede eliminar el requerimiento de secado inicial hasta una masa constante, y, si las superficies de las partículas en la muestra se han mantenido continuamente húmedas hasta el ensayo, se puede también eliminar la inmersión por 24 h.

Nota 4. Los valores para la absorción y la densidad aparente (SSS) pueden ser significativamente superiores para agregados no secados al horno antes de humedecerlos que para el mismo agregado tratado de acuerdo con 8.1. Esto es especialmente cierto en partículas mayores de 75 mm ya que el agua puede no ser capaz de penetrar los poros hasta el centro de la partícula en el período de humedecimiento prescrito.

8.3 Se remueve la muestra de ensayo del agua y se envuelve en un paño absorbente hasta que todas las películas visibles de agua sean removidas. Se secan las partículas más grandes individualmente. Una corriente de aire puede usarse para ayudar en la operación de secado. Se debe evitar la evaporación del agua de los poros del agregado durante la operación de secado superficial. A) Se determina la masa de la muestra de ensayo en la condición superficialmente seca. B) Se registra esta y todas las masas subsecuentes con la aproximación que sea mayor entre 0,5 % y 0,05 % de la masa de la muestra.

8.4 Después de determinar la masa, se coloca inmediatamente la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca en el recipiente de la muestra y se determina su masa en el agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una densidad de $997\text{ kg/m}^3 \pm 2\text{ kg/m}^3$ (valor C). Se tiene cuidado de remover todo el aire atrapado antes de determinar la masa, sacudiendo el recipiente mientras está sumergido.

Nota 5. El recipiente debe ser sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo a éste y a la muestra de ensayo durante la determinación de la masa. El alambre que suspende el recipiente debe ser del menor tamaño práctico para minimizar cualquier posible efecto de una longitud sumergida variable.

8.5 Se seca la muestra hasta obtener una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfría a temperatura ambiente de 1 h a 3 h, o hasta que el agregado se haya enfriado hasta una temperatura que sea cómoda para manipular (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$), y se determina su masa (valor A).

9. CÁLCULOS

9.1 DENSIDAD

9.1.1 Densidad Aparente

Se calcula la densidad aparente, $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, así:

$$D_{sBulk} = 0,9975 \times A / (B - C) \quad (1)$$

Donde:

<i>A</i>	=	masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno, g,
<i>B</i>	=	masa en el aire de la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca, g, y
<i>C</i>	=	masa en el agua de la muestra de ensayo saturada, g.

9.1.2 Densidad

Aparente (Saturada y Superficialmente Seca). Se calcula la densidad aparente, 23/23 °C, sobre la base de la masa del agregado saturado-superficialmente-seco, así:

$$D_s \text{ aparente (saturado - superficialmente - seco)} = 0,9975 \times B / (B - C) \quad (2)$$

9.1.3 Densidad nominal

Se calcula la densidad nominal, 23/23 °C, así:

$$D_s \text{ nominal} = 0,9975 \times A / (A - C) \quad (3)$$

9.2 VALORES DE DENSIDAD PROMEDIO

Cuando la muestra es ensayada en fracciones separadas de tamaños, el valor para la densidad aparente (SSS), o la densidad nominal se puede calcular como el promedio ponderado de los valores calculados de acuerdo con el numeral 9.1 usando la siguiente ecuación:

$$D = 1 / [P_1 / 100 D_1 + P_2 / 100 D_2 + \dots P_n / 100 D_n] \quad (4)$$

Donde:

D	=	densidad promedio. Todas las formas de expresión de la densidad se pueden promediar de esta manera.
$D_1, D_2 \dots D_n$	=	valores de la densidad adecuados para cada fracción de tamaños, dependiendo del tipo de densidad que se promedia.
$P_1, P_2 \dots P_n$	=	porcentajes en masa de cada fracción de tamaños presente en la muestra original.

Nota 6. Algunos usuarios de este método pueden expresar los resultados en términos de la densidad. La densidad se puede determinar multiplicando la densidad aparente, la densidad aparente (SSS), o la densidad nominal por la masa del agua (997,5 kg/m³ a 23 °C). Algunas autoridades recomiendan el uso de la densidad del agua a 4 °C (1000 kg/m³) como suficientemente exacta. Los resultados deben ser expresados hasta tres cifras significativas. La terminología de la densidad correspondiente a la densidad aparente, la densidad aparente (SSS), y la densidad nominal no ha sido normalizada.

9.3 ABSORCIÓN

Se calcula el porcentaje de absorción, así:

$$\text{Absorción, \%} = [(B - A) / A] \times 100 \quad (5)$$

9.4 VALOR DE ABSORCIÓN PROMEDIO

Cuando la muestra es ensayada en fracciones de tamaños separadas, el valor de absorción promedio es el promedio de los valores calculados en el numeral 9.3, ponderados en proporción a los porcentajes en masa de las fracciones de tamaños en la muestra original, así:

$$A = (P_1 A_1 / 100) + (P_2 A_2 / 100) + \dots (P_n A_n / 100) \quad (6)$$

Donde:

A = absorción promedio, %,

$A_1, A_2, \dots A_n$ = porcentajes de absorción para cada fracción de tamaños, y

$P_1, P_2, \dots P_n$ = porcentajes en masa de cada fracción de tamaños presentes en la muestra original.

10. INFORME

10.1 Se reportan los resultados de la densidad con aproximación al 0,01 más cercano y se indica el tipo de densidad, ya sea aparente, aparente (saturada y superficialmente seca), o nominal.

10.2 Se reporta el resultado de absorción con aproximación al 0,1 % más cercano.

10.3 Si los valores de densidad y absorción son determinados sin secar primero el agregado, como se permite en 8.2, se deberá anotar en el informe.

11. PRECISIÓN Y SESGO

11.1 Los estimativos de precisión de este método listados en la Tabla 2 se basan en los resultados del Programa de Referencia de Muestras AASHTO, con ensayos realizados por este método de ensayo y el Método AASHTO T 85. La diferencia significativa entre los métodos es que la NTC 176 requiere un período de saturación de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, mientras que la norma ASSTHO T 85 requiere un período de saturación mínimo de 15 h. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en los análisis de más de 100 resultados de ensayos comparados de 40 a 100 laboratorios.

11.2 SESGO

Ya que no hay material de referencia aceptado para determinar el sesgo para el procedimiento en este método de ensayo, no se hace ningún enunciado sobre sesgo.

Tabla 2. Precisión

	Desviación estándar (1S)^A	Rango aceptable de dos resultados (D2S)^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (seca)	0,009	0,025
Densidad (SSS)	0,007	0,020
Densidad	0,007	0,020
Absorción ^B , %	0,088	0,25
Precisión Multilaboratorio:		
Densidad (seca)	0,013	0,038
Densidad (SSS)	0,011	0,032
Densidad	0,011	0,032
Absorción ^B , %	0,145	0,41

^A Estos números representan, respectivamente, los límites (1S) y (D2S) descritos en la Práctica C 670. Los estimativos de precisión fueron obtenidos de los análisis combinados de los datos de muestras de referencia del Laboratorio de Referencia de Materiales de la AASHTO, de laboratorios que usan tiempos de saturación mínimos de 15 h y otros laboratorios que usan 24 h $\pm$ 4 h de tiempo de saturación. El ensayo fue realizado sobre muestras de agregados de masa normal, y comenzaron con agregados en la condición secos al horno.

^B Los estimativos de precisión se basan en agregados con absorciones de menos de 2 %

12. PALABRAS CLAVE

12.1 Absorción; agregado; agregado grueso; densidad

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. Philadelphia, 1993, 5p (ASTM C 127)

Anexos

(Información no obligatoria)

X.1 DESARROLLO DE ECUACIONES

X.1.1 La derivación de la ecuación aparece de los siguientes casos simplificados usando dos sólidos. El sólido 1 tiene una masa W_1 en gramos y un volumen V_1 en mililitros: su densidad (G_1) es por lo tanto W_1/V_1 . El sólido 2 tiene una masa W_2 y un Volumen V_2 , y $G_2 = W_2/V_2$. Si los dos sólidos se consideran juntos, la densidad de la combinación es la masa total en gramos dividida entre el volumen total en mililitros:

$$D = (0,9975 \times (W_1 + W_2)) / (V_1 + V_2) \quad (X.1.1)$$

La manipulación de esta ecuación proporciona lo siguiente:

$$D = \frac{0,9975}{\frac{V_1 + V_2}{W_1 + W_2}} = \frac{0,9975}{\frac{V_1}{W_1 + W_2} + \frac{V_2}{W_1 + W_2}} \quad (X.1.2)$$

$$D = \frac{0,9975}{\frac{W_1}{W_1 + W_2} \times \frac{V_1}{W_1} + \frac{W_2}{W_1 + W_2} \times \frac{V_2}{W_2}} \quad (X.1.3)$$

Sin embargo, las fracciones ponderadas de los dos sólidos son:

$$W_1 / (W_1 + W_2) = P_1 / 100 \text{ y } W_2 / (W_1 + W_2) = P_2 / 100 \quad (X.1.4)$$

y,

$$0,9975 / D_1 = V_1 / W_1 \text{ y } 0,9975 / D_2 = V_2 / W_2 \quad (X.1.5)$$

Por lo tanto,

$$D = 1 / [(P_1 / 100)(0,9975 / D_1) + (P_2 / 100)(0,9975 / D_2)] \quad (X.1.6)$$

Un ejemplo del cálculo se da en la Tabla X.1.1.

Tabla X.1.1 Ejemplo de Cálculo de valores promedio de densidad y absorción para un agregado grueso ensayado en tamaños separados

Tamaño fracción, mm			% en la muestra original	Masa de la muestra usada en el ensayo, g	Densidad aparente (SSS)	Absorción, %
4,75	a	12,5	44	2213,0	2,72	0,4
12,5	a	37,5	35	4562,5	2,56	2,5
37,5	a	63	21	12593,0	2,54	3,0

Densidad (SSS) Promedio

$$D_{SSS} = \frac{0,9975}{\frac{0,44}{2,72} + \frac{0,35}{2,56} + \frac{0,21}{2,54}}$$

Absorción Promedio

$$A = (0,44)(0,4) + (0,35)(2,5) + (0,21)(3,0) = 1,7 \%$$

X.2 INTERRELACIONES ENTRE LAS DENSIDADES Y LA ABSORCIÓN SEGÚN SE DEFINEN EN EL MÉTODO C 127 Y LA NTC 237

X.2.1 Sea:

- D_d = densidad aparente (base seca),
- D_s = densidad (base SSS),
- D_a = densidad nominal, y
- A = absorción en %,

X.2.2 Entonces,

$$D_s = (1 + A/100)D_d \quad (1)$$

$$D_a = \frac{0,9975}{\frac{0,9975}{D_d} - \frac{A}{100}} = \frac{D_d}{1 - \frac{AD_d}{100 \times 0,9975}} \quad (2)$$

$$D_a = \frac{0,9975}{\frac{1+A/100}{\frac{D_s}{0,9975}} - \frac{A}{100}} = \frac{D_s}{1 - \left[\frac{A}{100} \left[\frac{D_s}{0,9975} - 1 \right] \right]} \quad (2a)$$

$$A = \left[\frac{D_s}{D_a} - 1 \right] 100 \quad (3)$$

$$A = \frac{(D_a - D_s)}{D_a(D_s - 0,9975)} 100 \times 0,9975 \quad (4)$$

UNIDADES BÁSICAS DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Magnitud	Unidad básica SI	Símbolo		Equivalencia
longitud	metro	m	1 m	39,3701 pulgadas 3,28084 pies
masa	kilogramo	kg	1 kg	2,20452 libras
tiempo	segundo	s		
presión	pascal	Pa	1 Pa	1N/m ² 0,10 1472 kgf/mm ² 0,208854 lbf/pie ² 1,45038 x 10 ⁻⁴ lbf/pulgada ²
temperatura Celsius	grado Celsius	°C		
fuerza	newton	N	1 N	0,101972 Kgf 0,224809 lbf

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

El **ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 176 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo el 95-11-29

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 Concreto, mortero y agregados de la STN ICONTEC-ASOCRETO.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
PRODUCTORES DE CONCRETO
"ASOCRETO"
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
AGREGADOS PÉTREOS DE LA SÁBANA
DE BOGOTÁ
CEMENTOS BOYACÁ S. A.
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S. A.

CONCRETO S. A.
CONCRETOS PREMEZCLADOS S. A.
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI
INSTITUTO COLOMBIANO DE
PRODUCTORES DE CEMENTO "ICPC"
SIKA ANDINA S. A.
TOXEMENT S. A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGRECON
CENTRAL DE MEZCLAS S. A.
CONCRELAB LTDA.
CONCRETOS BOGOTÁ LTDA.

CONCRETOS DIAMANTE S. A.
CORPORACIÓN DIAMANTE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO

El **ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

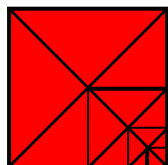
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

**NTC
237**

1995-11-29

INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

E: STANDARD TEST METHOD FOR SPECIFIC GRAVITY AND
ABSORPTION OF FINE AGGREGATE



MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente (EQV) a la
ASTM C128-93

DESCRIPTORES: método de ensayo; agregados
concreto; hormigón.

I.C.S: 97.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 3150377 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Primera actualización
Editada 2001-07-23

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y
LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO****0. CORRESPONDENCIA CON SU ANTECEDENTE**

Esta norma es equivalente a su antecedente ASTM C 128-93 excepto porque cambiaron las normas ASTM por su respectiva NTC y se incluyó una parte introductoria en el numeral 3 y la Nota 1.

1. OBJETO

1.1 Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad aparente y nominal, a una condición de temperatura de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ y la absorción del agregado fino.

1.2 Este método de ensayo determina (después de 24 h en agua) la densidad aparente, la densidad nominal y la absorción según se define en la NTC 385 Terminología del Cemento y Concreto.

1.3 Los valores se regirán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. NTC 1000 "Metrología".

1.4 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA**2.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS**

NTC 92: Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas y agregados (ASTM 29/29M).

NTC 129: Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados (ASTM D75).

NTC 176: Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar la densidad y absorción de agregados grueso (ASTM C127).

NTC 385: Ingeniería Civil y Arquitectura. Terminología del cemento y concreto.

NTC 1000: Sistema Internacional de Unidades.

NTC 1776: Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar la humedad total de los agregados por secado (ASTM C 566).

NTC 3674: Ingeniería Civil y Arquitectura. Práctica para reducción de muestras de agregados tomadas en campo al tamaño de ensayo (ASTM C 702).

2.2 NORMAS ASTM

ASTM C 70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate.

ASTM C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

2.3 NORMA AASHTO

AASHTO No. T 84 Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates.

3. SIGNIFICADO Y USO

La densidad es la masa por unidad de volumen. Los calificativos nominal o aparente, se refieren a la forma de tomar el volumen del cuerpo, puesto que las partículas de los agregados para el concreto tienen porosidad; esa porosidad puede ser saturable o no saturable. Si se toma el volumen externo, el aparente, la densidad calculada será aparente; si del volumen aparente se elimina la porosidad saturable, la densidad se llama nominal, y si además de la porosidad saturable se elimina la porosidad no saturable, el volumen resultante es de material puro, y por lo tanto el cociente de la masa y ese volumen será la masa, sin calificativos.

Nota 1. En la literatura norteamericana (las Normas ASTM) se utiliza el término *apparent* para referirse a lo que en la literatura colombiana y en esta norma se denomina *Nominal*, de igual forma ocurre con el término *Bulk* que en esta norma equivale al de *Aparente*.

3.1 La densidad aparente es la característica que se usa generalmente para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento hidráulico, el concreto bituminoso, y otras mezclas que son dosificadas o analizadas con base en el volumen absoluto. La densidad aparente también se usa en el cálculo de vacíos del agregado en la NTC 92 y en la determinación de la humedad del agregado por desplazamiento en el agua en la norma ASTM C 70. La densidad aparente determinada sobre la base saturada y superficialmente seca se usa si el agregado está húmedo, es decir, si se ha cumplido la absorción. Inversamente, la densidad aparente determinada sobre la base de secado al horno se usa para los cálculos cuando el agregado está seco o se asume seco.

3.2 La densidad nominal se refiere al material sólido formado por las partículas constituyentes sin incluir el espacio de los poros saturables. Este valor no se usa ampliamente en la tecnología de agregados para construcción.

3.3 Los valores de la absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros saturables, comparado con la condición

seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El estándar de laboratorio para la absorción es el que se obtiene después de sumergir el agregado seco durante aproximadamente 24 h en agua. Los agregados explotados por debajo del nivel freático pueden tener una absorción mayor si no se permite su secado. Inversamente, algunos agregados pueden contener una cantidad de humedad absorbida menor que la condición de humedecimiento durante 24 h. Para un agregado que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre sobre las superficies de la partícula, el porcentaje de humedad libre puede determinarse deduciendo la absorción del contenido de humedad total determinado con la NTC 1776.

4. APARATOS

4.1 BALANZA

Una balanza que tenga una capacidad de 1 kg o más, sensible hasta 0,1 g o menos, y con precisión del 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo. Dentro de cualquier rango de 100 g de la carga de ensayo, la diferencia entre lecturas debe ser exacta dentro de 0,1 g.

4.2 PICNÓMETRO

Un frasco u otro recipiente adecuado dentro del cual se pueda introducir fácilmente la muestra de ensayo de agregado fino y en el cual el contenido volumétrico pueda ser reproducido dentro de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del recipiente lleno hasta la marca debe ser al menos 50 % mayor que el espacio requerido para acomodar la muestra de ensayo. Un frasco volumétrico de 500 cm^3 de capacidad es satisfactorio para una muestra de ensayo de 500 g en la mayoría de agregados finos. Un frasco de Le Chatelier como el descrito en la NTC 176 es satisfactorio para una muestra de ensayo de aproximadamente 55 g.

4.3 MOLDE

Un molde metálico en forma de tronco cónico con diámetro interior en la parte superior de $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ y diámetro interno en la parte inferior de $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$, y una altura de $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$. El espesor mínimo del metal debe ser 0,8 mm.

4.4 PISÓN

Un pisón metálico con masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ y con una superficie de apisonamiento circular plana de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.

5. MUESTREO

5.1 El muestreo se debe llevar a cabo de acuerdo con la NTC 129.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO

6.1 Se obtiene aproximadamente 1 kg de agregado fino de la muestra y se usan los procedimientos aplicables descritos en la NTC 3674.

6.1.1 Se seca la muestra de ensayo en un recipiente adecuado hasta obtener una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se deja enfriar hasta una temperatura que permita su manipulación, se sumerge en agua durante $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

6.1.2 Como una alternativa a 6.1.1, en el caso que los valores de absorción y densidad se vayan a usar en la dosificación de mezclas de concreto con agregados en su condición de humedad natural, el requerimiento de secado inicial hasta obtener masa constante puede ser eliminado y, si las superficies de las partículas se han mantenido húmedas, se puede también eliminar el humedecimiento por 24 h.

Nota 2. Los valores de la absorción y la densidad en la condición saturada y superficialmente seca pueden ser significativamente superiores para agregados no secados al horno antes de humedecerlos que para el mismo agregado tratado de acuerdo con 6.1.1.

6.2 Se decanta el exceso de agua evitando la pérdida de finos, se extiende la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una suave corriente de aire tibio, y se revuelve con frecuencia para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, se pueden emplear ayudas mecánicas tales como un mezclador para la obtención de la condición saturada y superficialmente seca. Se continúa esta operación hasta que la muestra de ensayo se aproxime a la condición de flujo libre de las partículas. Se sigue el procedimiento de 6.2.1 para determinar si hay o no humedad superficial sobre las partículas constituyentes del agregado fino. Se pretende que el primer ensayo con el cono se haga con algo de agua superficial en la muestra. Se continúa el secado con un mezclado constante y se ensaya a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado su condición saturada y superficialmente seca. Si la primera prueba del ensayo de humedad superficial indica que no hay humedad presente sobre la superficie, y ésta se seca sobrepasando la condición saturada y superficialmente seca. En este caso se mezcla completamente el agregado fino con unos pocos mililitros de agua y se deja la muestra en un recipiente cubierto por 30 min. Entonces continúe el proceso de secado y ensayo a intervalos regulares para la obtención de la condición superficialmente seca.

6.2.1 Ensayo de Cono para la Humedad Superficial

Se sostiene el molde firmemente sobre una superficie lisa no absorbente con el diámetro superior hacia abajo. Se coloca una porción del agregado fino parcialmente seco de manera suelta en el molde llenándolo hasta que se rebose y acumulando material adicional por encima del borde superior del molde sosteniéndolo con los dedos de la mano, en forma de copa. Se apisona ligeramente el agregado fino dentro del molde con 25 caídas leves del pisón. Cada caída debe comenzar aproximadamente 5 mm sobre la superficie superior del agregado fino. Se permite que el pisón caiga libremente. Se ajusta la altura de caída hasta la nueva elevación de la superficie después de cada apisonada, distribuyéndolos sobre la superficie. Se remueve la arena suelta de la base y se levanta el molde verticalmente. Si la humedad superficial está todavía presente, el agregado conservará la forma del molde. Cuando el agregado fino se asienta levemente, ello indica que ha alcanzado la condición superficialmente seca. Algunos agregados finos angulares o materiales con alta proporción de finos pueden no asentarse en el ensayo de cono una vez se alcance la condición superficialmente seca. Este puede ser el caso si los finos son transportados por el aire al dejar caer un puñado de la arena desde el ensayo de cono a unos 100 mm a 150 mm sobre la superficie. Para estos materiales la condición saturada y superficialmente seca se debe considerar como el punto en que un lado de agregado fino se asienta levemente al remover el molde.

Nota 3. También se han usado los siguientes criterios en materiales que no se asientan levemente:

- 1) Ensayo de cono provisional. Se llena el molde cónico como se describe en 6.2.1, se usa solamente 10 caídas del pisón. Se adiciona más agregado fino y se usa de nuevo 10 caídas del pisón. Entonces se agrega material dos veces más usando 3 y 2 caídas del pisón, respectivamente. Se nivela el material a ras con el tope del molde, se remueve el material suelto de la base; y se eleva el molde verticalmente.
- 2) Ensayo Superficial Provisional. Si se notan finos transportados por el aire cuando el agregado fino es tal que no se asienta cuando está en una condición húmeda, se adiciona más humedad a la arena, y al comienzo de la condición superficialmente seca, con la mano se golpea suavemente aproximadamente 100 g del material sobre una superficie plana, seca, limpia, oscura u opaca no absorbente tal como una hoja de caucho, una superficie gastada oxidada, galvanizada o de acero, o una superficie metálica pintada de negro. Después de 1 s a 3 s remueva el agregado fino. Si se muestra una humedad notoria sobre la superficie de ensayo por más de 1 s a 2 s entonces se considera que hay humedad superficial presente sobre el agregado fino.
- 3) Los procedimientos colorimétricos descritos por Kandhal y Lee, Registro de Investigaciones de Carreteras No. 307, p. 44.
- 4) Para alcanzar la condición saturada y superficialmente seca sobre un material de un solo tamaño que se asienta al estar húmedo, se puede usar papel absorbente de acabado fuerte para secar el material superficialmente hasta el punto en que el papel absorbente no parezca estar recogiendo la humedad de las superficies de las partículas de agregado fino.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Se determinan todas las masas y se registran con una aproximación de 0,1 g.

7.2 Se llena el picnómetro parcialmente con agua. Inmediatamente se introduce dentro del picnómetro 500 g $\pm$ 10 g de agregado saturado y superficialmente seco preparado como se describe en la Sección 6, y se llena con agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad. Se gira, invierte y agita el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire (véase la Nota 3). Se ajusta su temperatura hasta 23 °C $\pm$ 2 °C, si es necesario por inmersión en agua en circulación, y se lleva el nivel del agua en el picnómetro hasta su capacidad calibrada. Se determina la masa total del picnómetro, con la muestra y el agua.

Nota 4. Normalmente toma de 15 min a 20 min eliminar las burbujas de aire. Se ha encontrado que sumergir la punta de un papel absorbente dentro del picnómetro es útil en la dispersión de la espuma que algunas veces se forma cuando se eliminan las burbujas de aire. Opcionalmente, se puede usar una pequeña cantidad de alcohol isopropílico para dispersar la espuma. No se usa ninguno de estos procedimientos cuando se usa el método alternativo descrito en 7.2.1.

7.2.1 Alternativa al numeral 7.2 para determinar las masas

La cantidad de agua agregada necesaria para llenar el picnómetro a la temperatura requerida se puede determinar volumétricamente usando una bureta exacta hasta 0,15 ml. Se calcula la masa total del picnómetro, la muestra y el agua así:

$$C = 0,9975 V_a + S + M \quad (1)$$

Donde:

- C = masa del picnómetro con la muestra y al agua hasta la marca de calibración, gramos
- V_a = volumen del agua agregada al picnómetro, mililitro
- S = masa de la muestra saturada y superficialmente seca, y
- M = masa del picnómetro vacío, gramos.

7.2.2 Alternativa para el Procedimiento de 7.2

Se usa un frasco de Le Chatelier lleno inicialmente con agua hasta un punto sobre el vástago entre las marcas de 0 ml y 1 ml. Se registra esta lectura inicial (R_1) con el frasco y el contenido dentro del rango de temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se adicionan $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$ de agregado fino en la condición saturada y superficialmente seca (u otra masa según sea necesario para elevar el nivel del agua hasta algún punto sobre la serie superior de la graduación). Después de haber introducido todo el agregado fino, se coloca el tapón en el frasco y se gira el frasco en una posición inclinada, o se gira suavemente en un círculo horizontal hasta que se desaloje todo el aire atrapado, se continúa hasta que no suban burbujas adicionales a la superficie (véase la Nota 5). Se toma una lectura final con el frasco y el contenido, asegurándose de que la temperatura no haya variado en más de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto a la original.

Nota 5. Cuando use el método del frasco de Le Chatelier, el operador puede usar una pequeña cantidad medida (que no exceda 1 ml) de alcohol isopropílico para eliminar la espuma que aparezca sobre la superficie del agua. El volumen de alcohol usado debe ser restado de la lectura final (R_2).

7.3 Se remueve el agregado fino del picnómetro, se seca hasta obtener masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfría al aire a una temperatura ambiente por $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$, y determine su masa.

7.3.1 Si se usa el método del frasco de Le Chatelier, se necesita una porción de muestra separada para la determinación de la absorción. Se determina la masa de una porción separada de $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$ de agregado fino saturado y superficialmente seco, se seca hasta obtener una masa constante, y se determina su masa de nuevo.

7.4 Se determina la masa del picnómetro lleno hasta su capacidad de calibración con agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.4.1 Alternativa al numeral 7.4 para determinar las masas. La cantidad de agua necesaria para llenar el picnómetro vacío a la temperatura requerida se puede determinar volumétricamente usando una bureta precisa hasta 0,15 ml. Se calcula la masa del picnómetro lleno con agua así:

$$B = 0,9975 V + M \quad (2)$$

Donde:

B = masa del frasco lleno con agua, gramos

V = volumen del frasco, mililitro, y

M = masa del frasco vacío, gramos.

8. DENSIDAD APARENTE

8.1 Se calcula la densidad aparente a 23 °C, como se define en la NTC 385 así:

$$D_{s \text{ aparente}} = 0,9975 * A / (B + S - C) \quad (3)$$

Donde:

D = densidad aparente, g/cm³

A = masa en el aire de la muestra secada al horno, gramos

B = masa del picnómetro lleno con agua, gramos

S = masa de la muestra saturada y superficialmente seca, y

C = masa del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración, gramos.

8.1.1 Si se usa el método del frasco de Le Chatelier, calcule la densidad aparente a 23 °C, así:

$$S_{sbuik} = \frac{S_1 (A / S)}{(R_2 - R_1)} \quad (4)$$

Donde:

D = densidad Aparente, g/cm³

S_1 = masa de la muestra saturada y superficialmente seca usado en el frasco de Le Chatelier, gramos

R_1 = lectura inicial del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier, y

R_2 = lectura final del nivel del agua en el frasco de Le Chatelier.

9. DENSIDAD APARENTE (BASE SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA)

9.1 Se calcula la densidad aparente a 23 °C, sobre la base del agregado saturado y superficialmente seco así:

$$D_{s \text{ aparente (base sss)}} = 0,9975 * S / (B + S - C) \quad (5)$$

9.1.1 Si se usa el método del frasco de Le Chatelier, se calcula la densidad aparente, 23 °C/23 °C, sobre la base del agregado saturado y superficialmente seco así:

$$D_{s \text{ aparente (base sss)}} = \frac{S_1}{(R_2 - R_1)} \quad (6)$$

10. DENSIDAD NOMINAL

10.1 Se calcula la densidad nominal a 23 °C, como se define en la NTC 385, así:

$$D_{s \text{ nominal}} = 0,9975 * A / (B + A - C) \quad (7)$$

11. ABSORCIÓN

11.1 Se calcula el porcentaje de absorción, como se define en la NTC 385, así:

$$\text{Absorción, \%} = [(S - A)/A] \times 100 \quad (8)$$

12. INFORME

12.1 Se reportan los resultados de la densidad hasta el 0,01 más cercano y la absorción hasta el 0,1 %. El Anexo da las interrelaciones matemáticas entre los tipos de densidades y la absorción. Éstas pueden ser útiles para revisar la consistencia de los datos reportados o para calcular un valor que no fue reportado, usando otros datos reportados.

12.2 Si el agregado fino fue ensayado en una condición de humedad natural diferente a la condición de secado al horno y humedecimiento durante 24 h, se reporta la fuente de la muestra y los procedimientos usados para evitar el secado previo al ensayo.

13. PRECISIÓN Y SESGO**13.1 PRECISIÓN**

Los estimativos de precisión de este método de ensayo (listados en Tabla 1) corresponden a estudios efectuados en los Estados Unidos de América y se basan en resultados del Programa

de Muestreo de Desempeño del Laboratorio de Referencia de Materiales de la AASHTO, con ensayos realizados por este método de ensayo y el Método AASHTO T 84. La diferencia significativa entre los métodos es que el Método NTC 237 requiere un período de saturación de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, y el Método T 84 requiere un período de saturación de 15 h a 19 h. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto significativo sobre los índices de precisión. Los datos se basan en los análisis de más de 100 resultados de ensayos comparados de 40 a 100 laboratorios.

Tabla 1. Precisión

	Desviación estándar (1S)^{A)}	Rango aceptable de dos resultados (D2S)^{A)}
Precisión de un solo operador		
Densidad aparente (seca)	0,011	0,032
Densidad aparente (sss)	0,0095	0,027
Densidad nominal	0,11	0,31
Precisión Múltiples laboratorios		
Densidad aparente (seca)	0,023	0,066
Densidad aparente (sss)	0,020	0,056
Densidad nominal	0,020	0,056
Absorción ^{B)} , %	0,23	0,66

A) Estos números representan, respectivamente, los límites (1S) y (D2S) descritos en la norma ASTM C 670. Los estimativos de precisión fueron obtenidos de los análisis de datos combinados de muestras de desempeño del Laboratorio de Referencia de Materiales de la AASHTO de laboratorios que usan tiempos de saturación de 15 h a 19 h y de otros laboratorios que usan tiempo de saturación de $24 \pm 4 \text{ h}$. El ensayo se llevó a cabo sobre agregados de masa normal, y comenzaron con agregados en la condición de secado al horno.

B) Los estimativos de precisión se basan en agregados con absorciones de menos de 1 % y pueden diferir para agregados finos fabricados y agregados finos con valores de absorción mayores del 1 %.

13.2 SESGO

Ya que no hay material de referencia aceptado adecuado para determinar el sesgo para este método de ensayo, no se hace ninguna proposición sobre sesgo.

14. PALABRAS CLAVES

14.1 Absorción; agregado; agregado fino; densidad

15. DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. Philadelphia, 1993, 4 p. (ASTM C128).

Anexo (Información no Obligatoria)**X1. INTERRELACIONES ENTRE DENSIDADES Y ABSORCIÓN COMO SE DEFINE EN LAS NTC 176 Y 237**

X1.1 Sea:

D_d = densidad aparente (base seca)

D_s = densidad aparente (base SSS)

D_a = densidad nominal, y

A = absorción en %.

Entonces:

(1)

$$S_S = (1 + A / 100) S_d$$

(2)

$$D_a = \frac{0,9975}{\frac{0,9975}{D_d} - \frac{A}{100}} = \frac{D_d}{1 - \frac{AD_d}{100 * 0,9975}}$$

(2a)

$$D_a = \frac{0,9975}{\frac{1 + A / 100}{\frac{D_s}{0,9975} - \frac{A}{100}}} = \frac{D_s}{1 - \left[\frac{A}{100} \left[\frac{D_s}{0,9975} - 1 \right] \right]}$$

(3)

$$A = [D_s / D_a - 1] 100$$

(4)

$$A = \frac{(D_a - D_s)}{D_a (D_s - 0,9975)} 100 * 0,9975$$

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 237 (Primera actualización)

Unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades

Magnitud	Unidad básica SI	Símbolo		Equivalencia
Longitud	metro	m	1 m	39,370 1 pulgadas 3,280 84 pies
Masa	kilogramo	kg	1 kg	2,204 52 libras
Tiempo	segundo	s		
Presión	pascal	Pa	1 Pa	1N/m^2 $0,10\ 1472\ \text{kgf/mm}^2$ $2,088\ 54\ \text{librafuerza/pie}^2$ $1,450\ 38 \times 10^{-4}\ \text{librafuerza/pulgada}^2$
Temperatura Celsius	grado Celsius	°C		
Fuerza	newton	N	1 N	$0,101\ 972\ \text{kgf}$ $0,224\ 809\ \text{librafuerza}$

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

El **ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 237 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo el 95-11-29.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico.

AGRECON
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
PRODUCTORES DE CONCRETOS
“ASOCRETO”
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
AGREGADOS
CEMENTOS BOYACÁ S.A.
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S.A.

CONCRETOS PREMEZCLADOS S.A.
CONCRETOS S.A.
INSTITUTO COLOMBIANO DE
PRODUCTORES DE CEMENTO “ICPC”
PÉTREOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ
SIKA ANDINA S.A.
TOXEMENT S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

CENTRAL DE MEZCLAS S.A.
CONCRETOS DIAMANTE S.A.
CONCRETOS BOGOTÁ LTDA.
CONCRELAB LTDA.

CORPORACIÓN DIAMANTE
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
METROCONCRETO S.A.

El **ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

1994-10-19

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR POR
SECADO EL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD
DE LOS AGREGADOS**

E: STANDARD TEST METHOD FOR TOTAL MOISTURE
CONTENT OF AGGREGATE BY DRYING

CORRESPONDENCIA:	esta norma es equivalente a su antecedente ASTM C566-89
------------------	--

DESCRIPTORES:	agregado, agregado para hormigón; granulado; determinación de la humedad; ensayo de laboratorio; preparación de muestras de ensayo; ensayo de secado; ensayo
---------------	--

I.C.S.: 91.100.20

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Santafé de Bogotá, D.C. - Tel. 3150377 - Fax 2221435

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR POR SECADO
EL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado sometida a secado.

1.2 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las primordiales regulaciones al usar.

Para un conocimiento de los parámetros específicos de precaución véanse los numerales 4.3, 6.2 y 6.2.1.

1.3 Los valores se regirán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. (Véase la NTC 1000. Metrología).

2. NORMAS DE REFERENCIA

2.1 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

NTC 129:1995, Agregados Pétreos. Extracción y preparación de muestras.

NTC 176:1995, Método para determinar el peso específico y la absorción de agregados gruesos.

NTC 237:1995, Método para determinar el peso específico y la absorción de agregados finos.

NTC 1000:1993, Metrología. Sistema internacional de unidades.

3. SIGNIFICADO Y USO

3.1 Esta norma es específicamente precisa para los propósitos usuales, como el ajuste de los pesos de los ingredientes para una batchada de concreto. Generalmente, la determinación de la humedad en la muestra de ensayo es más confiable de lo que puede ser la toma de la muestra para representar el agregado suministrado. Cuando el agregado es alterado por el calor, o cuando se requieren mediciones más precisas, se debe llevar a cabo el ensayo utilizando un horno ventilado de temperatura controlada.

3.2 Las partículas grandes del agregado grueso, especialmente aquellas mayores de 50 mm, requieren un tiempo más prolongado para que la humedad viaje desde el interior hacia la superficie de las partículas. El usuario de esta norma, puede determinar por tanteo si los métodos de secado rápido presentan suficiente precisión para el uso deseado, cuando se secan partículas de gran tamaño.

4. APARATOS

4.1 BALANZA

Se debe utilizar una balanza o báscula de precisión, de fácil lectura y sensible dentro del 0,1 % de la carga de ensayo, para cualquier punto dentro del intervalo de uso. Dentro de cualquier intervalo igual al 10 de la capacidad del instrumento de pesaje, la indicación de la carga puede aproximarse dentro del 0,1 de la diferencia en peso.

4.2 FUENTE DE CALOR

Se debe utilizar un horno de secado ventilado, capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra en $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cuando no se requiere un control estricto de la temperatura pueden utilizarse otras fuentes de calor apropiadas como estufas eléctricas o de gas, lámparas de calor eléctricas o un horno microondas ventilado.

4.3 RECIPIENTE CONTENEDOR DE LA MUESTRA

Debe ser un recipiente que no se afecte debido al calor, de fondo plano y de capacidad suficiente para contener el material sin riesgo de vertimiento, de tal forma que la altura de la muestra no sea superior a la quinta parte de la menor dimensión lateral del recipiente.

PRECAUCIÓN: cuando se use un horno microondas, el recipiente contenedor no debe ser metálico.

4.4 AGITADOR

Puede ser una cuchara metálica o una espátula de tamaño conveniente.

5. MUESTREO

5.1 El muestreo debe estar de acuerdo con lo dispuesto en la NTC 129 excepto por el tamaño de la muestra, que debe coincidir con lo especificado en la Tabla 1.

5.2 Es necesario asegurarse de obtener una muestra representativa del contenido de humedad del agregado suministrado al momento del ensayo. En el caso de agregados de peso normal, éstos no deben pesar menos de la cantidad presentada en la Tabla 1. La muestra se debe proteger contra la pérdida de humedad antes de proceder con el pesaje.

Tabla 1. Tamaño de la muestra para agregados de peso normal

Tamaño máximo nominal del agregado (mm) ^A	Masa mínima de la muestra (kg) ^B
4,75	0,5
9,50	1,5
12	2
19	3
25	4
37	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

^A Basado en tamices con aberturas cuadradas

^B Para determinar la mínima masa de la muestra para agregados de peso liviano, se multiplica el valor por la masa unitaria suelta de agregado seco aproximada en kg/m³ y se divide por 1600.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Se pesa la muestra con una precisión del 0,1.

6.2 Se seca completamente la muestra en el recipiente que la contiene, por medio de la fuente de calor seleccionada, teniendo el cuidado de evitar pérdida de partículas. Un calentamiento muy acelerado puede hacer estallar algunas partículas produciendo su pérdida. Se usa un horno de temperatura controlada, cuando el calor excesivo pueda alterar las características del agregado o cuando se requieran mediciones más precisas. Si se utilizan fuentes de calor diferentes a los hornos de temperaturas controlables, se agita la muestra durante el secado, para acelerar la operación y así evitar el sobrecalentamiento en un solo punto. La operación de agitado es opcional cuando se utiliza un horno microondas.

PRECAUCIÓN: cuando se usa un horno microondas, algunos minerales dentro del agregado pueden causar el sobrecalentamiento y estallido del material. Cuando esto ocurre, se pueden presentar daños en el horno.

6.2.1 Cuando se use una estufa, el secado se puede acelerar siguiendo el siguiente procedimiento: se adiciona suficiente alcohol anhidro industrial para cubrir la muestra; se agita y se permite que se asiente el material en suspensión; se decanta la mayor cantidad de alcohol posible, sin producir ninguna pérdida en la muestra; se enciende el alcohol sobrante y se permite que se queme durante el proceso de secado sobre el calentador.

PRECAUCIÓN: se debe agitar cuidadosamente la muestra para controlar la operación de ignición, para prevenir daños o deterioros por causa del quemado del alcohol.

6.2.2 La muestra se encuentra completamente seca cuando un nuevo calentamiento causa, o puede causar, menos del 0,1 de pérdidas adicionales de peso.

6.3 Pese la muestra seca, con una precisión del 0,1 %, luego de haberla enfriado lo suficiente para no producir daños en la balanza.

7. CÁLCULOS

7.1 El contenido total de humedad se calcula a partir de la relación

$$W = 100 (H-S)/S$$

Donde:

W = contenido de humedad de la muestra, en porcentaje.

H = masa inicial de la muestra, en gr.

S = masa de la muestra seca, en gr.

7.2 El contenido de humedad superficialmente es igual a la diferencia entre el contenido total de humedad y la absorción, con todos los valores basados en los pesos secos. La absorción puede determinarse de acuerdo con la NCT 176 y NTC 237.

8. PRECISIÓN Y SESGO

8.1 Aún no se consiguen datos para llevar a cabo una determinación de la precisión y el sesgo de los resultados ofrecidos por esta norma. Mientras que se permita el uso de tamaños de muestra por encima de las cantidades mínimas de la Tabla 1, no se cree posible la determinación de un balance significativo

8.2 Se puede obtener una indicación de la precisión asociada con el tamaño real de la muestra y del equipo utilizado, para cada aplicación particular de este método de ensayo por: (1) La ejecución de ensayos en porciones de material tomado de la misma muestra, que reproducen las condiciones de la prueba inicial o (2) Reproduciendo muestras que representen el mismo lote de agregados. Los datos del sesgo en los procedimientos usados, pueden además ampliarse, a través de la adición de una cantidad conocida de agua al agregado seco, teniendo cuidado de evitar las pérdidas de agua antes del ensayo.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Total Moisture Content of Aggregate by Drying. Philadelphia. 1989, P, (ASTM C566).

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

El **ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 1776 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo el 94-10-19

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369901 Concreto, morteros y agregados.

BALDOSINES GRANITEX LTDA.
CALLE BOTERO
CÁMARA COLOMBIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN-ANTIOQUIA
CÁMARA COLOMBIANA DE LA
CONSTRUCCIÓN-PRESIDENCIA
CANTERAS Y ARENERAS SAN ANTONIO
S. A.
CEMENTOS BOYACÁ S. A.
CEMENTOS DEL NARE S. A.
CEMENTOS DIAMANTE DE
BUCARAMANGA S. A.
CEMENTOS DIAMANTE DEL TOLIMA S. A.
CEMENTOS DIAMANTE S. A.
CIC CONCRETOS INDUSTRIALES
COLOMBIANOS-CIENCO LTDA.
COL QUÍMICOS LTDA.
COLOMBIANA DE RESINAS LTDA.
COMPAÑÍA COLOMBIANA DE
TENSIONAMIENTO S. A.
COMPAÑÍA DE CEMENTOS ARGOS S. A.
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD Y GAS
CUNDINAMARCA S. A.
CONCRETO - ASOCRETO
CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD

CONSTRUCCIÓN LTDA. CONSTRUIMOS
EL FUTURO DE COLOMBIA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DEL CAUCA
CORPORACIÓN EDUCATIVA UNIVERSIDAD
DE MEDELLÍN
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
INDUSTRIA DE CONCRETO
CENTRIFUGADO LTDA.
INDUSTRIAS E INVERSIONES SAMPER S. A.
INDUSTRIAS TECNOCONCRETO DE
COLOMBIA S. A.
INMUNIZADORA SERYE S. A.
INSTITUTO DE ENSAYOS E
INVESTIGACIONES
INSTITUTO NACIONAL DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL Y REFORMA
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S. A.
JIMÉNEZ POSADA Y CÍA LTDA.
PEDRO GÓMEZ Y CÍA.

POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME
ISAZA CADAVID
PRECONCRETOS S. A.
PRETENSADOS BOGOTÁ LTDA.
PRODUCTOS I.P.B. LTDA.
SENA-REGIONAL ARMENIA
SILICAL LTDA.
SOCIEDAD COLOMBIANA DE
INGENIEROS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
TITÁN MANUFACTURAS DE CEMENTO S. A.
TUBOS DE OCCIDENTE

TUBOS MOORE
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
UNIVERSIDAD EAFIT
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER
UNIVERSIDAD LIBRE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
YESOS LA ROCA LTDA.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ASOCRETO
ASOGRAVAS
CENTRAL DE MEZCLAS S. A.
CONCRETO S. A.
CONCRETOS BOGOTÁ LTDA.
CONCRETOS DIAMANTE
CONCRETOS PREMEZCLADOS S. A.
INSTITUTO COLOMBIANO DE
PRODUCTORES DE CEMENTO

METROCONCRETO
PONCE DE LEÓN ASOCIADOS
SIKA ANDINA S. A.
TOXEMENT S. A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
URBAR LTDA.

El **ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN