Facultad de Estudios Superiores
Acatlán

TALLERES Y LABORATORIOS DE LICENCIATURA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

MANUAL DE PRÁCTICAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES

FESA PAL IIC MM

ELABORÓ:	PROFESOR	Mtro. Leonardo Alvarez León
		Ing. Manuel Gómez Gutiérrez
REVISIÓN TÉCNICA:	JEFE DE SECCIÓN	Ing. Xavier Barcenas Sandoval
	COORDINADOR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	Ing. Omar Chises Morales Dávila
REVISIÓN DE GC:	RESPONSABLE DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	Esp. Fanny Maricela Bernal Herrera
AUTORIZÓ:	REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN/ COORDINADOR DE SERVICIOS ACADÉMICOS	Mtro. Fernando Martínez Ramírez

Fecha de Emisión: 2022.08.22

CONTENIDO

Número de sesión práctica	Nombre	Página
1	Granulometría de agregados pétreos para concreto hidráulico.	3
2	Peso volumétrico, densidad y absorción de agregados pétreos para concreto hidráulico.	15
3	Proporcionamiento de concreto hidráulico	28
4	Elaboración de especímenes de concreto hidráulico.	38
5	Tensión en acero de refuerzo.	49
6	Cortante directo en acero.	58
7	Principios de fotoelásticidad	63
8	Resistencia a la compresión en concreto hidráulico.	71
9	Resistencia a la tensión en concreto hidráulico.	81
10	Deformación por flexión en vigas de acero estructural.	92

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 1
GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PÉTREOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO

1. OBJETIVO.

El alumno determinará la granulometría de muestras de grava y arena y analizará sus límites y características.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

El **análisis granulométrico** de los agregados pétreos tiene por objeto separar y conocer los porcentajes en que se encuentra cada tamaño de fragmento de roca en una muestra. Es ampliamente recomendable que los materiales reúnan una gama amplia de tamaños para que la cantidad de espacios entre los granos de agregados en una mezcla, sea lo más reducida que se pueda.

Uno de los objetivos que se persiguen en el proporcionamiento de concreto, es lograr mezclas con la **densidad** más alta posible, es decir, con el menor número de huecos una vez compactadas, como se menciona antes, y esto sólo se logra mediante una graduación adecuada de los distintos tamaños de los granos de los materiales inertes, por lo tanto, debe vigilarse con toda atención lo referente a la **granulometría,** que entre más se aparte de las **curvas granulométricas ideales,** será menos eficiente toda vez que las oquedades serán llenadas por cemento que es de los ingredientes más caros del concreto.

Las variaciones granulométricas que permiten la elaboración de concretos **manejables y económicos,** quedan dentro de un margen bastante amplio; sin embargo, mientras más se alejen de la proporción ideal, se incrementa el costo del concreto ya que los huecos habrán de llenarse con cemento que cuesta más dinero que los agregados pétreos, sin que con esto se igualen sus características de **manejabilidad** con las de un concreto con materiales idealmente graduados.

La **manejabilidad** de un concreto depende principalmente de la **granulometría** de sus agregados, de no ser adecuada, se manifiesta como incremento de **permeabilidad** y pérdida de **resistencia a compresión,** debido al acomodamiento deficiente en los moldes, además de que los costos de la mano de obra varían de acuerdo con la mayor o menor dificultad que se presenta en la elaboración, transporte y colocación del material.

Los agregados forman aproximadamente entre el **66%** y el **75%** del volumen de un concreto, por lo tanto son los principales transmisores de los esfuerzos a que queda sujeto un elemento estructural y por esto es de vital importancia cuidar sus características granulométricas y de resistencia, entre otras, independientemente del material cementante utilizado.

Se conoce como relación **óptima grava/arena,** a la existente entre el peso de una cantidad de grava y el necesario y suficiente de arena para rellenar los vacíos dejados por la grava y proporcionar así a la mezcla una **densidad máxima.** Uno de los procedimientos usados para definir la citada relación, se denomina “pesos óptimos”.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Colateralmente a la obtención de la graduación granulométrica, mediante el proceso también se conocen otros parámetros de los agregados que se utilizan al proporcionar mezclas, tales como el tamaño máximo del agregado grueso (TMA) y el módulo de finura de la arena (Mf), características que son empleadas en la dosificación de concreto, mismas que se definen a continuación:

Tamaño máximo de agregado: Para las gravas, es la medida de criba por la cual el agregado de mayor tamaño de la muestra debe de pasar.

Módulo de finura de la arena: Es una medida de lo grueso o fino de una arena y se calcula como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en una serie estándar de cribas o tamices (comprendidos entre los números 8 y 100) dividido entre 100.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO.

3.1 Equipo

Charola.
Cribas (Mallas o tamices) de los siguientes tamaños: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 y #100.
Máquina agitadora.
Báscula.
Cucharón.
Pala.
Brocha.
Observe la Fig. 3.1:

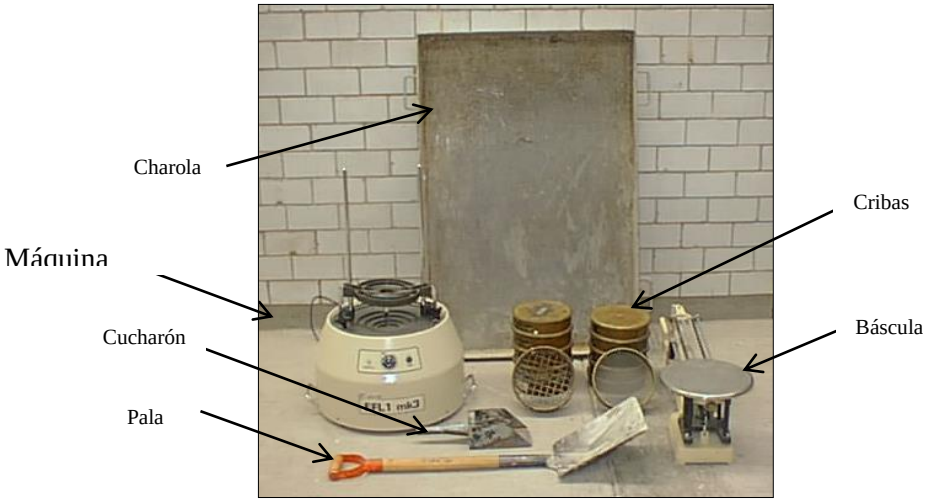


Fig. 3.1

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Cuarteador mecánico y accesorios. Observe la Fig. 3.2:

Fig. 3.2

3.2 Material
Muestras de grava y arena.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

1) Tome una muestra de agregado que sea representativa del lote, esto se logra tomando al menos 10 muestras con el cucharón a diferentes alturas del lote, evitando las zonas de segregación.

2) Cuarteo:

Sobre charola:

2.1) Mezcle bien las muestras combinadas de agregado (arena o grava) formando una pila cónica. Observe la Fig. 3.3.

Fig. 3.3

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

2.2) Aplane con la pala ligeramente la pila y divídala en cuatro partes en cruz. Observe la Fig. 3.4.

Fig. 3.4

2.3) Deseche los cuartos opuestos y mezcle bien los otros dos. Observe la Fig. 3.5.

Fig. 3.5

2.4) Repita el procedimiento hasta que se obtenga el tamaño de muestra deseado.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Cuarteador mecánico:

2.5) Llene una de las tres charolas con la muestra combinada de agregado (arena o grava). Fig. 3.6.

Fig. 3.6

2.6) Previamente colocadas las otras dos charolas en el cuarteador mecánico, vacíe la muestra en la boca superior del mismo para dividirla. Observe la Fig. 3.7.

Fig. 3.7

2.7) Deseche el contenido de una de las dos charolas, colocando las dos vacías en posición para recibir la muestra de la charola con el agregado restante. Repita el procedimiento hasta reducir la muestra al tamaño esperado. Observe la Fig. 3.8.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 3.8

3) Pese la muestra total obtenida de agregado (arena o grava). Observe la Fig. 3.9.

Fig. 3.9

4) Coloque el agregado en las cribas previamente armadas en orden descendente de aberturas, con la charola al fondo y tápese bien. Posteriormente, agite de manera manual o mediante la máquina agitadora un tiempo adecuado y suficiente según la experiencia. Observe las Fig. 3.10 y 3.11.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 3.10

Fig. 3.11

5) Determine el peso retenido en cada criba tanto para la grava como la arena.

5. RESULTADOS

El informe deberá incluir:

a) Resultados en las siguientes tablas

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

PARA GRAVAS:

Peso de la muestra (gf)	

Malla no	Peso retenido (gf)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
#4				
#8				
Charola				
	Total =	Total =		

Tamaño máximo de agregado (TMA)	
Tamaño máximo nominal de agregado (TMNA)	

PARA ARENAS:

Peso de la muestra (gf)	

Malla No	Peso retenido (gf)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
#4				
#8				
#16				
#30				
#50				
#100				
Charola				
	Total =	Total =		

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

b) Determinación del módulo de finura de la arena:

$$Mf = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado (de las mallas \#4 a la \#100).}}{100}$$

Módulo de finura (Mf)	

c) Grafique las curvas granulométricas (ver las normas NMX-C-077 -1997 – ONNCCE y la NMX-C-111-1988 para otros límites distintos a un TMA de 1" correspondiente a la gráfica de límites que a continuación se presenta)

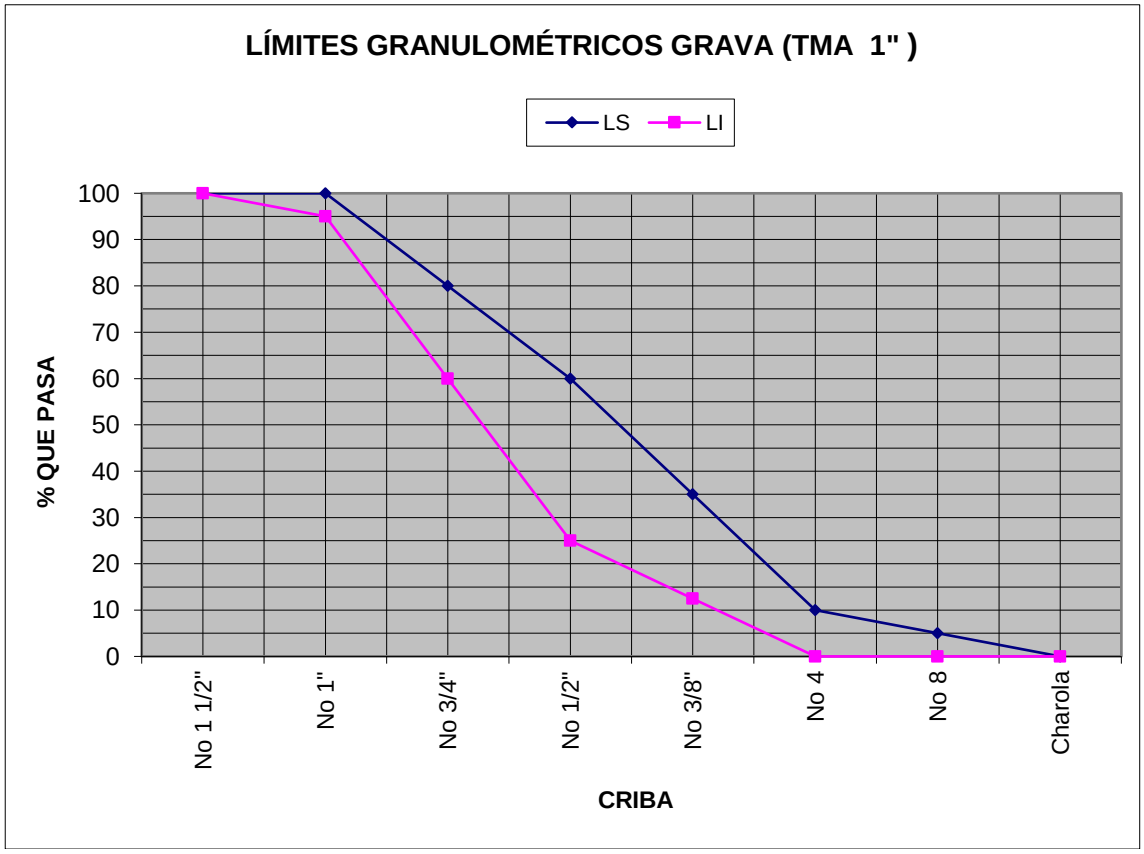


Fig. 3.12

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

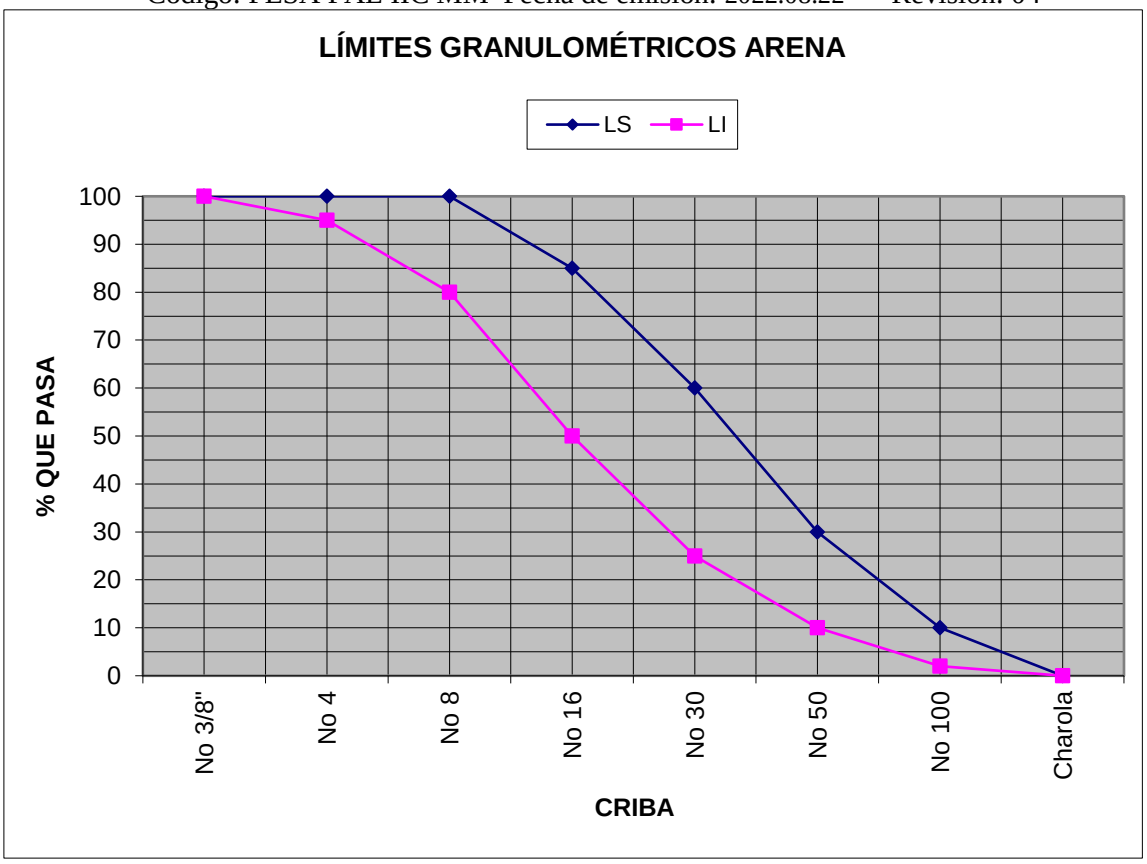


Fig. 3.13

Cuestionario.

1. ¿Establezca en términos generales las características físicas que deben tener los agregados?
2. ¿Por qué es importante determinar la granulometría a los agregados pétreos?
3. ¿Para qué se hace el cuarteo de los materiales en estudio?
4. ¿Qué distingue principalmente a los agregados gruesos de los finos?
5. ¿Por qué un concreto hidráulico se ve fortalecido cuando los agregados cumplen la norma ?
6. ¿Durante la sesión práctica observó si el material estaba limpio? ¿En qué afecta la falta de limpieza?
7. ¿La arena tenía demasiados “finos”? ¿En qué afecta esto?
8. ¿Existen diferentes calidades de grava y arena en función a granulometría, densidad, etc.? ¿Por qué? Explíquelo.
9. ¿De qué manera se puede calcular el Módulo de Finura de la arena si las mallas utilizadas son otras que las indicadas en la gráfica de límites granulométricos (correspondientes a la Norma Nacional)?
10. ¿El material utilizado cumplió con las normas correspondientes? ¿si no qué se recomienda hacer?

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

H. Kosmatka, Steven., C. Panarese William. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1992.

Normas Mexicanas:

NMX-C-030-ONNCCE-2004 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-MUESTREO (CANCELA A LA NMX-C-030-1997-ONNCCE).

NMX-C-077-ONNCCE-2004 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-ANALISIS GRANULOMETRICO-METODO DE ENSAYO (CANCELARA A LA NMX-C-077-1997-ONNCCE).

NMX-C-111-ONNCCE-2014 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN–AGREGADOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO -ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO.

Secretaría de Recursos Hidráulicos – Instructivo para concreto. México D.F. 1960

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 2
PESO VOLUMÉTRICO, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO

1. OBJETIVO.

El alumno determinará el peso volumétrico, densidad y absorción de gravas y arenas.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

- ***Peso volumétrico***

El **peso volumétrico** es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado generalmente en kilogramos fuerza por metro cúbico.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del grado de acomodo que se le haya dado al material durante la prueba; la denominación que se asigna es **peso volumétrico suelto** y **peso volumétrico compactado.** La utilización de uno o de otro depende de las condiciones de manejo a que se sujeten los materiales al emplearlos.

El **peso volumétrico compactado** se usa invariablemente para la conversión de peso a volumen en el proporcionamiento de mezclas, es decir para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto. El **peso volumétrico suelto,** se usa para conocer los volúmenes de materiales almacenados y que no están sujetos al acomodamiento o asentamiento provocados por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo.

- ***Corrección por contenido de humedad.***

El valor del peso volumétrico en ambos casos se debe corregir por **contenido de humedad,** ya que el agua que suelen contener los agregados, especialmente cuando se extraen de los bancos o almacenes a la intemperie, influye en el peso aunque no forma parte de la masa rocosa del material. Por lo tanto habrá que hacer los ajustes necesarios una vez que, por un procedimiento de secado, se conozca el porcentaje del líquido que acompaña a las muestras.

- ***Densidad***

La **densidad,** llamada también **densidad relativa** es la relación entre la masa de un volumen dado de material, en este caso arena o grava, y la masa del mismo volumen de agua destilada a 20 grados centígrados de temperatura.

El valor de la **densidad** de los agregados, es muy importante para proporcionar concreto por el método de los "volúmenes absolutos".

Para su determinación, se lleva a las muestras de los agregados a un estado de saturación interna y superficialmente seco (**sss**), como se indica en el procedimiento de la prueba y que consiste en que las oquedades de fragmentos de roca, están llenos de agua, pero su superficie seca, situación que se logra con la inmersión de las muestras en un depósito con agua limpia por 24 horas, de donde se extraen para el retiro del agua superficial envolvente.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Las muestras en estado **sss**, se pesan y se sumergen en un depósito vertedor de agua (picnómetro), previamente aforado y se determina el peso del líquido desplazado por dichas muestras. Es de notar que si los materiales no están en la condición de **sss**, al vaciarlos en el bote vertedor, absorberían agua y entonces las lecturas de medición serían erróneas. La obtención de la **densidad** de esta manera es en realidad aparente, ya que existe un detalle que hay que tomar en cuenta: en el peso del material está contenido también el del agua interior que no es masa sólida propiamente dicha, sólo que es un procedimiento convencionalmente aceptado, ya que además se está utilizando el concepto de peso específico (peso por unidad de volumen) sin que el valor numérico cambie por ser **densidad relativa**.

- ***Absorción***

La **absorción** es la cantidad de agua que puede ser atrapada en el interior de los agregados, expresada como porcentaje del peso seco de las muestras. Para su cálculo, los materiales en estado **sss,** se pesan antes y después de someterlos a un proceso de secado total; la diferencia entre los dos pesos, dividida por el peso seco y multiplicada por 100, es el porcentaje de **absorción**.

Este es otro de los valores importantes por conocer ya que al proporcionar mezclas, se debe adicionar al agua de mezclado (la que produce la reacción química de hidratación del cemento), la cantidad que absorben los materiales, con el propósito de mantener intacta la relación agua/cemento que es determinante en la resistencia a compresión de los concretos endurecidos.

Si el porcentaje de **humedad** en el material es **menor** que el de **absorción,** este tomará parte del agua de mezclado por lo que debe adicionarse agua. En caso de que sea **mayor,** el agregado aporta agua y por lo tanto deberá restarse esta aportación a la de mezclado, con el mismo propósito de mantener inalterable la relación agua/ cemento del concreto.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

3.1 Equipo

Contenedor de madera de volumen conocido.
Varilla de 1.59 cm de diámetro y 60.0 cm de longitud con punta semiesférica.
Vasos de precipitado y probeta.
Vidrio de reloj.
Charolas y cucharón.
Sartén.
Básculas.
Parrilla eléctrica.
Picnómetro.
Cono y pisón para prueba de desmoronamiento.

Observe las Fig. 4.1 y 4.2:

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

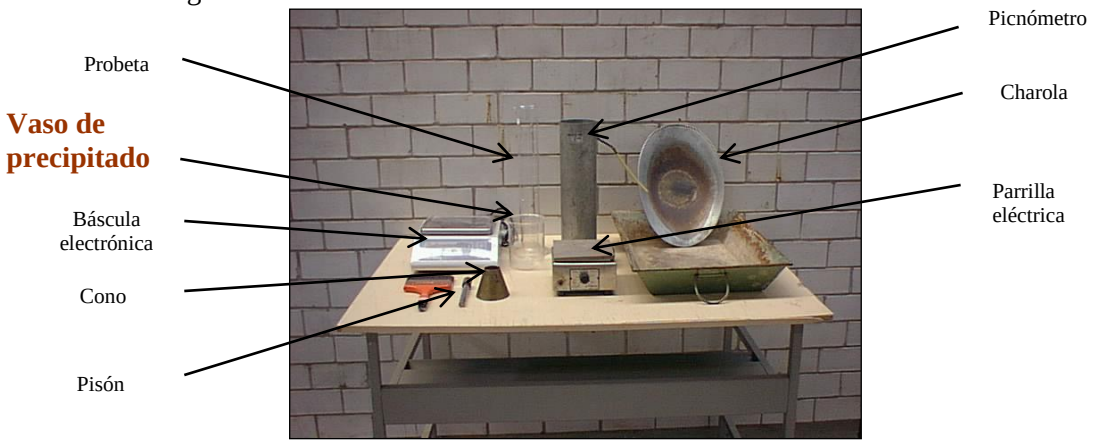


Fig. 4.1

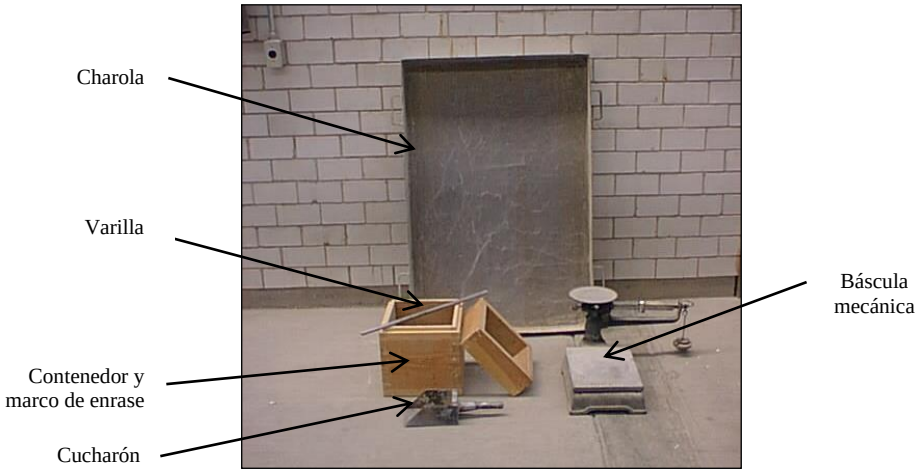


Fig. 4.2

3.2 MATERIAL
Muestras de grava y arena.
Papel de estraza.
Agua.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

Para las tres pruebas:

1) Tome una muestra de agregado que sea representativa del lote según la cantidad que se requiera para las tres pruebas, evitando las zonas de segregación.

2) *PESO VOLUMÉTRICO:*
2.1) Pese el contenedor. Observe la Fig. 4.3

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 4.3

2.2) Calcule el volumen interior del contenedor.

2.3) De la muestra obtenida previamente (reducida por cuarteo hasta aproximadamente 1.5 veces el volumen del contenedor) llene el contenedor de las formas siguientes para obtener:

2.3.1) PESO VOLUMÉTRICO SUELTO:

2.3.1.1) Llene el contenedor con el cucharón en forma libre hasta llenarlo por encima del marco de enrase. Observe las Fig. 4.4 y 4.5

Fig. 4.4

Fig. 4.5

2.3.1.2) Quite dicho marco en forma vertical ascendente para posteriormente enrasar la superficie del agregado con la varilla en forma aserrada, teniendo el cuidado de no aplicar presión sobre la superficie de la muestra. Observe las Fig. 4.6 y 4.7

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig.4.6

Fig. 4.7

2.3.1.3) Pese el contenedor con la muestra no compactada.

2.3.1.4) Calcule el peso volumétrico suelto con la fórmula siguiente:

$$\gamma_S = \frac{w_S}{v}$$

En donde:

γ_S = Peso volumétrico suelto en kgf/m^3.

w_S = Peso de la muestra suelta en kgf.

v = Volumen del contenedor en m^3.

2.3.2) PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO:

2.3.2.1) Llene el contenedor, por encima del marco de enrase, con el cucharón en tres capas del mismo tamaño, picando con la varilla cada capa en forma espiral del centro hacia afuera un total de 25 ocasiones. Tenga cuidado de que con el piquete no se triture las partículas del agregado. Observe la Fig. 4.8

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 4.8

2.3.2.2.) Quite dicho marco en forma vertical ascendente para posteriormente enrasar la superficie del agregado con la varilla en forma aserrada.

2.3.2.3) Pese el contenedor con la muestra compactada. Observe la Fig. 4.9

Fig. 4.9

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

2.3.2.4) Calcule el peso volumétrico compactado con la fórmula siguiente:

$$\gamma_C = \frac{w_C}{V}$$

En donde:

γ_C = Peso volumétrico compactado en kgf/m^3.

w_C = Peso de la muestra compactada en kgf.

V = Volumen del contenedor en m^3.

2.3.3) CORRECCIÓN POR CONTENIDO DE HUMEDAD.

2.3.3.1) Tome una parte del material utilizado en la prueba y péselo. Observe la Fig. 4.10

Fig. 4.10

2.3.3.2) Ponga a secar el material sobre una parrilla eléctrica colocándolo en una charola o sartén . El material estará seco cuando al colocar el vidrio de reloj sobre la charola o sartén este no se empaña. Observe la Fig. 4.11

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 4.11

2.3.3.3) Pese el material seco y determine el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$H = \frac{w_H - w_S}{w_S} \times 100$$

En donde:

H = Contenido de humedad en %.

w_H = Peso húmedo en gf.

w_S = Peso seco en gf.

2.3.3.4) Calcule el peso volumétrico corregido (suelto o compactado) con la siguiente fórmula:

$$\gamma_S' = \gamma_S - \gamma_S H$$

$$\gamma_C' = \gamma_C - \gamma_C H$$

En donde:

γ_S' = Peso volumétrico suelto corregido en kgf/m^3.

γ_C' = Peso volumétrico compactado corregido en kgf/m^3.

γ_S = Peso volumétrico suelto en kgf/m^3.

γ_C = Peso volumétrico compactado en kgf/m^3.

H = Contenido de humedad en fracción decimal.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3) ***ABSORCIÓN:***

3.1) Por el procedimiento de cuarteo obtenga el tamaño de muestra deseado.

3.2) Deje saturar los agregados en agua limpia un tiempo de 24 horas con una tolerancia +/– 4 horas.

3.3).Seque la muestra de agregados con papel de estraza, pistola de aire o con la parrilla eléctrica hasta llevarlos a la condición de humedad del agregado SSS (*Saturado y Superficialmente Seco)*. Para las gravas esto se logra cuando desaparece su brillo superficial. Observe las Fig. 4.12 y 4.13

Fig. 4.12

Fig. 4.13

Para las arenas la consistencia de la muestra será la adecuada cuando esta fluya libremente según la prueba de desmoronamiento, misma que a continuación se describe:

3.3.1) Tome firmemente con la mano el cono de desmoronamiento y coloque su boca mayor hacia abajo sobre una superficie lisa y no absorbente.

3.3.2) Llene el cono con arena y compacte con el peso propio del pisón, un número de 25 veces, sin altura de caída y enrase. Observe la Fig. 4.14

Fig. 4.14

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3.3.3) Levante el cono verticalmente y verifique el desmoronamiento. Observe las Fig. 4.15 y 4.16

Fig. 4.15

Fig. 4.16

3.4) Pese los agregados en estado SSS.

3.5) Seque los agregados en una charola metálica hasta que toda la humedad de los agregados parezca haberse evaporado. El material estará seco cuando al colocar un vidrio sobre la charola o sartén éste no se empaña.

3.6) Pese las muestras ya secas.

3.7) Determine el porcentaje de absorción mediante la siguiente fórmula:

$$ABS = \frac{w_{SSS} - w_S}{w_S} \times 100$$

En donde:

$ABS =$ Absorción en %.

$w_{SSS} =$ Peso saturado y superficialmente seco en gf.

$w_S =$ Peso seco en gf.

4**) *DENSIDAD:***

4.1) Por el procedimiento de cuarteo obtenga el tamaño de muestra deseado.

4.2) Deje saturar los agregados en agua limpia un tiempo no menor de 24 horas.

4.3) Lleve los agregados a la condición SSS.

4.4) Pese los agregados en estado SSS.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

4.5) Llene el picnómetro de agua hasta el orificio de descarga.

4.6) Introduzca la muestra de agregado en el picnómetro y recoja el agua en un vaso de precipitado o probeta. Observe la Fig. 4.17

Fig. 4.17

4.7) Determine el peso del líquido desalojado.

4.8) Determine la densidad mediante la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{w_{SSS}}{w_l}$$

En donde:

$\delta =$ Densidad.

$w_{SSS} =$ Peso del material saturado y superficialmente seco en kgf.

$w_l =$ Peso del líquido desalojado en kgf.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

5. RESULTADOS.

El informe deberá incluir los resultados en las siguientes tablas:

PESO VOLUMÉTRICO:

Peso contenedor (kgf)	
Volumen contenedor (m^3)	

Material	Peso contenedor + Muestra (kgf)	w (kgf)	Contenido humedad (%)	γ (kgf/m^3)	γ' (kgf/m^3)
Grava suelta					
Grava compactada					
Arena suelta					
Arena compactada					

ABSORCIÓN:

Material	w_{SSS} (kgf)	w_S (kgf)	ABS (%)
Grava			
Arena			

DENSIDAD:

Material	w_{SSS} (kgf)	w_l (kgf)	δ
Grava			
Arena			

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Cuestionario.

1. ¿Qué diferencia en % encontró entre el peso del agregado grueso compactado y sin compactar para un mismo volumen?
2. ¿Y para el agregado fino?
3. ¿Para compactar los agregados, cuál de los dos, sea agregado fino o grueso, requirió de mayor trabajo? Explique el por qué.
4. ¿El peso específico y el peso volumétrico están relacionados? Explique el por qué.
5. Una mayor densidad de los agregados favorece a la resistencia de un concreto hidráulico? Explique el por qué.
6. A mayor densidad en el agregado fino o grueso ¿hay una mayor o menor absorción? Fundamente su respuesta.
7. ¿Cómo podría distinguir en forma práctica y rápida si una grava es de buena calidad para elaborar un concreto hidráulico normal ?
8. ¿Que valores de peso específico de un agregado fino y grueso son los mínimos esperados para que se consideren aceptables para un concreto normal?
9. Indique si existen otros métodos que permitan obtener las propiedades físicas antes mencionadas.
10. ¿Qué se puede hacer cuando las características de calidad de un agregado pétreo se encuentran por abajo o lejos de los valores de referencia adecuados para un buen concreto hidráulico?

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

H. Kosmatka, Steven., C. Panarese William. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1992.

Normas mexicanas:

NMX-C-073-ONNCCE-2004 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-MASA VOLUMETRICA-METODO DE PRUEBA

NMX-C-166-ONNCCE-2006 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-CONTENIDO DE AGUA POR SECADO-METODO DE PRUEBA

NMX-C-164-ONNCCE-2014 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGREGADOS-DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO

NMX-C-165-ONNCCE-2014 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGREGADOS-DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO FINO-MÉTODO DE ENSAYO

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 3
PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

1. OBJETIVO.

El alumno proporcionará mezclas de concreto hidráulico, por peso o por volumen.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

El concreto es un material inerte artificial, resultante de la combinación adecuada de básicamente estos componentes: **cemento, agregados pétreos y agua**. Algunas veces se agregan ciertos aditivos con el fin de mejorar sus propiedades, inclusive el aire atrapado en la mezcla, siendo un elemento no deseable, cuando se utiliza el concreto en aplicaciones de lugares expuestos a muy bajas temperaturas, puede ser una parte importante del diseño ya que se utiliza como un amortiguador térmico.. El concreto, es de los materiales de construcción más accesibles y versátiles, ya que la forma que puede tomar en elementos estructurales estaría limitada sólo por la imaginación de quién los concibe. Observe la Fig. 5.1

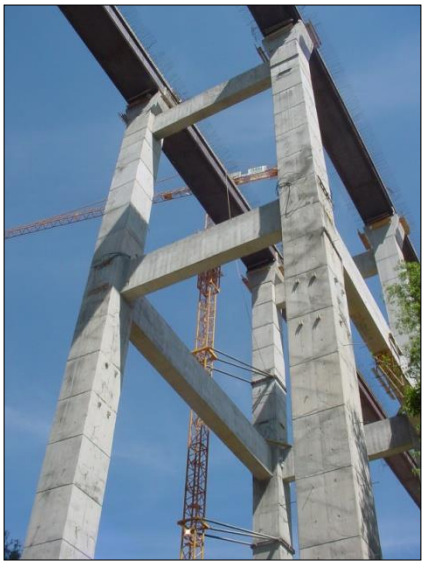


Fig. 5.1

En términos generales, el cemento ocupa entre el 10% y el 15% del volumen total de concreto, sin embargo es de relevante importancia y es el que cuesta más. Combinado con el agua, forma una pasta que es el medio cementante que aglutina las partículas de agregados en una masa sólida. La **resistencia** y **durabilidad,** que son dos de los principales atributos del concreto, dependen fundamentalmente de la pasta de cemento. Existen en el mercado, varios tipos de cemento para fabricar concretos destinados a diversas condiciones de trabajo, algunos ejemplos son: cemento normal, puzolánico, blanco, albañilería, etc.

El **agua de mezclado**, es probablemente el ingrediente menos costoso del concreto, pero a su vez de los más importantes. La cantidad de agua utilizada determina la **resistencia a la compresión** del concreto. Existe una

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

relación inversa entre el contenido de agua de una mezcla y su resistencia a la compresión: al aumentar la cantidad de líquido, disminuye la resistencia. Es recomendable utilizar la mínima necesaria que permita el manejo y colocación adecuados del concreto y debe estar libre de ácidos, grasas y aceites, así como de materiales vegetales y orgánicos. Otra recomendación en el uso del agua es que no se utilice agua de mar debido a su alto contenido de sales y minerales que afectan las reacciones químicas del fraguado dando por resultado un concreto débil, altamente reactivo con el acero de refuerzo.

Los **agregados pétreos** representan entre el 66% y 75% del volumen del concreto y su costo es relativamente bajo, lo que hace del concreto un material de construcción competitivo y económico. Los agregados deben cumplir con ciertas características como la **forma de las partículas**, su **granulometría** y **peso específico** que tienen una gran influencia en el proporcionamiento, economía y calidad del concreto. La resistencia también disminuye a medida que la cantidad de agregado fino aumenta más allá de la necesaria para llenar los huecos que deja el agregado grueso.

Los **aditivos** son ingredientes químicos que se agregan al concreto antes o durante el mezclado y que modifican las propiedades del material, de tal manera que sea más adecuado para el uso que se le pretenda dar. Son: agentes inclusores de aire, reductores de agua, acelerantes y retardantes de fraguado, etc., que deben usarse con sumo cuidado mediante pruebas de laboratorio ejecutadas en las condiciones y con los materiales de la obra ya que de no hacerlo, se pueden causar efectos perjudiciales. Estos aditivos no sustituyen al cemento, trabajan químicamente con él. Si los ingredientes guardan una proporción adecuada, se obtendrán concretos de alta calidad. Por ejemplo, un concreto con pusolánicos mejora notablemente la resistencia del mismo a la acción corrosiva de las sales.

La inclusión deliberada de aire en el concreto tiene por objeto mejorar la trabajabilidad del material, disminuir el sangrado y la segregación e incrementar apreciablemente la resistencia al congelamiento y deshielo. También mejora de manera importante la resistencia al desconchamiento superficial provocado por la aplicación de sales para derretir el hielo en pavimentos ubicados en climas fríos.

La durabilidad del concreto es la capacidad del material para resistir en el tiempo las fuerzas destructivas de la naturaleza y del hombre; depende fundamentalmente de la calidad y cantidad de la pasta compuesta por agua y cemento así como del empleo de los demás componentes del concreto y del empleo de aditivos inclusores de aire.

La permeabilidad es otra característica del concreto que se refiere a la susceptibilidad de absorción de líquidos a su estructura interna. Esta propiedad puede ser favorable o desfavorable dependiendo de la aplicación que se le dé al concreto.

En edificaciones es conveniente que el concreto sea impermeable para lo cual se recurre al uso de aditivos puzolánicos.

En la Fig. 5.2 se observa una planta para dosificar en obra los elementos constitutivos para la elaboración del concreto, lo cual se hace en base a un diseño por peso, ya que para obras de relevancia, así se debe dosificar.(en obras de menor relevancia y lugares en los que no se cuenta con básculas, se acostumbra proporcionar por volumen., siendo recomendable utilizar los catálogos de las plantas cementeras que dan una relación peso-volumen de suficiente aproximación. Se aclara también, que en el laboratorio, la practica se realizará con un proporcionamiento por peso) De manera general se encuentra constituido por silos para almacenar cemento, tanques para agua y aditivos, así como equipo de carga de los agregados a la banda transportadora (en este caso un cargador frontal), y equipo de transporte y mezclado para el concreto en estado fresco (camión revolvedora).

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 5.2

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO.

Ninguno.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

1) *DISEÑO DE MEZCLA* (para un metro cúbico de concreto) De los datos obtenidos en las sesiones prácticas 3 y 4 (granulometría, densidad, peso volumétrico y absorción en agregados) se procede al diseño de mezcla, tal como a continuación se describe:

1.1) DATOS REQUERIDOS PARA EL DISEÑO:

Tamaño Máximo del Agregado Grueso (grava)	*TMA* (mm)	
Peso Volumétrico Compactado de la Grava Seca	PV_{CGS} (kgf / m^3)	
Peso específico de la Grava	□□□□□□□□$_G$ (kgf / m^3)	
Humedad de la Grava	H_G (%)	
Absorción de la Grava	ABS_G (%)	
Módulo de finura del Agregado fino (arena)	*Mf*	
Peso Volumétrico Compactado de la Arena Seca	PV_{CAS} (kgf / m^3)	
Peso específico de la Arena	□□□□□□□□$_A$ (kgf / m^3)	
Humedad de la Arena	H_A (%)	
Absorción de la Arena	ABS_A (%)	
Peso específico del Agua	□□□□□□□□$_W$ (kgf / m^3)	1000

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Peso específico del Cemento	□□□□□□□□$_C$ (kgf / m^3)	3150

Nota: El valor del peso específico para la grava y la arena, es el mismo obtenido en la sesión práctica #4 para la densidad relativa.

1.2) PROCEDIMIENTO DE DISEÑO:

1er PASO: Defina el REVENIMIENTO como función del tipo de construcción en el que se va a emplear la mezcla de concreto (Aplicar Tabla 5.1)
TIPO DE CONSTRUCCIÓN:_____
REVENIMIENTO (cm) = _____.

2do PASO: Determine el PESO DE CONTENIDO DE AGUA (W) en 1 m^3 para la mezcla como función

del TMA y del REVENIMIENTO (Aplicar Tabla 5.2)

W (kgf / m^3) = _____.

3er PASO: Defina la RESISTENCIA ESPERADA DEL CONCRETO (f´c) como función del TIPO DE CONSTRUCCIÓN (Aplicar Tabla 5.7).

f´c (kgf / cm^2) = _____.

4° PASO: Determine la RELACIÓN AGUA/CEMENTO (W/C) como función de f´c (Aplicar Tabla 5.3).
W/C = _____.

5° PASO: Calcule el PESO DEL CONTENIDO DE CEMENTO (C) con base a la relación (W/C) y al contenido de agua de la mezcla (W).

$$C(kgf) = \frac{W}{(W/C)} = _____$$

6° PASO: Calcule el VOLUMEN DE LA GRAVA COMPACTADA EN SECO (V_{GCS}) para la mezcla como función del módulo de finura (*Mf*) y del TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO (*TMA*) utilizando para ello las tablas de cálculo (Aplicar Tabla 5.4).

V_{GCS} (m^3) =_____.

7° PASO: Determine el PESO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO de la mezcla (G) con base al peso volumétrico de la grava compactada en seco (PV_{CGS})
y del volumen de la grava compactada en seco (VGCS).

G = (PV_{CGS}) (V_{GCS}) =

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

G (kgf) = ( ) ( ) =

8° PASO: Calcule el PESO DEL CONTENIDO DE LA ARENA COMPACTADA EN SECO (A) como función de el PESO DEL AGUA (W), EL CEMENTO (C) Y LA GRAVA (G) así como el CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO EN LA MEZCLA (□□□
Se utilizará para este cálculo el "Método de los Volúmenes Absolutos":

$$\frac{W}{\gamma_W}+\frac{C}{\gamma_C}+\frac{G}{\gamma_G}+\frac{A}{\gamma_A}+\alpha=1$$

Despejando A de la fórmula:

$$A=(\gamma_A)\left(1-\frac{W}{\gamma_W}-\frac{C}{\gamma_C}-\frac{G}{\gamma_G}-\alpha\right)$$

El contenido de aire atrapado en la mezcla (□□□□se obtiene de tablas (Aplicar Tabla 5.2)

□□□□□□□□_____.

$$A=(\qquad)\left(1-(\text{———})-(\text{———})-(\text{———})-(\frac{\quad}{100})\right)$$

$$A=(\qquad)(1-(\qquad)-(\qquad)-(\qquad)-(\qquad))$$

A (kgf) = _____.

9° PASO: Organice en una tabla la información obtenida en los pasos anteriores y proceda a obtener los PESOS CORREGIDOS para Agua, Arena y Grava considerando la humedad y absorción de los agregados:

PESO EN SECO (kgf)	**HUMEDAD (*H*) (%)**	**ABSORCIÓN (*ABS*) (%)**	***ABS – H* (%)**	**PESO CORREGIDO (kgf) por cada m³ de mezcla**	**PESO** CORREGIDO **(kg f)**
C=	*- 0 -*	*- 0 -*	*- 0 -*	$C_C = C$	*Cc =*
G=	H_G =	ABS_G =	$ABS_G - H_G$ = = ( ) – ( ) =	$G_C = G\ [\ 1 + (0.01)\ (ABS_G - H_G)\ ]$ G_C = ( ) [1 + (0.01) ( )]	G_C =

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

$A=$	$H_A =$	$ABS_A =$	$ABS_A - H_A=$ $= (\quad) - (\quad)$ $=$	$A_C = A\ [\ 1 + (\ 0.01)\ (ABS_A - H_A)\ ]$ $A_C = (\qquad)\ [\ 1 + (0.01)\ (\qquad)\ ]$	$A_C =$
$W=$				$W_C = W + [\ G\ (0.01)\ (ABS_G - H_G)\ ] + [\ A\ (0.01)\ (ABS_A - H_A)\ ]$ $W_C = (\qquad) + [\ (\qquad)\ (0.01)\ (\qquad)\ ] + [\ (\qquad)\ (0.01)\ (\qquad)\ ]$	1.1.1 $Wc =$
				1.2 SUMA TOTAL	

10° PASO: Calcule el VOLUMEN REQUERIDO de cada componente en función del número de CILINDROS y VIGAS que se van a colar para realizar las pruebas de tensión y compresión.

$$Para\ N\ cilindros: \quad V = (N)(\pi)(0.075)^2(0.3) = (\quad)(0.0053) = \qquad m^3$$

$$Para\ N\ vigas: \quad V = (N)(0.15)(0.15)(0.60) = (\quad)(0.0135) = \underline{\qquad\qquad m^3}$$

$$V_R = \qquad m^3$$

11° PASO: Calcule el PESO REQUERIDO de cada componente en función del número de CILINDROS y VIGAS que se van a colar para realizar las pruebas de tensión y compresión.

2 COMPONENTE	PESO REQUERIDO
CEMENTO	$C_R = (C_C)\ (V_R) = (\qquad kgf/m^3)\ (\qquad m^3) = \qquad kgf$
GRAVA	$G_R = (G_C)\ (V_R) = (\qquad kgf/m^3)\ (\qquad m^3) = \qquad kgf$
ARENA	$A_R = (A_C)\ (V_R) = (\qquad kgf/m^3)\ (\qquad m^3) = \qquad kgf$
AGUA	$W_R = (W_C)\ (V_R) = (\qquad kgf/m^3)\ (\qquad m^3) = \qquad kgf$
	SUMA TOTAL = kgf

12° PASO: Debido a mermas, se recomienda agregar un 10 % a las cantidades anteriores, con lo que se llega al final del diseño de proporcionamiento:

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3 COMPONENTE	PESO REQUERIDO FINAL
CEMENTO	C_{RF} = (C_R) (1.1) = ( ) (1.1) = kgf
GRAVA	G_{RF} = (G_R) (1.1) = ( ) (1.1) = kgf
ARENA	A_{RF} = (A_R) (1.1) = ( ) (1.1) = kgf
AGUA	W_{RF} = (W_R) (1.1) = ( ) (1.1) = kgf

TABLA 5.1

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	REVENIMIENTO EN cm.	
	MÁXIMO	MÍNIMO
MUROS DE CIMENTACIÓN Y ZAPATAS REFORZADAS	8	2
ZAPATAS, CAMPANAS Y MUROS DE SUBESTRUCTURA	8	2
VIGAS Y MUROS REFORZADOS	10	2
COLUMNAS PARA EDIFICIOS	10	2
PAVIMENTOS Y LOSAS	8	2
CONCRETO MASIVO	5	2

Pueden incrementarse en 2.5 cm para métodos de compactación que no sean mediante vibración. A pie de obra, el máximo revenimiento recomendado es de 10 cm, si se desea mayor, se debe emplear un aditivo en la mezcla.

TABLA 5.2

REVENIMIENTO (cm)	AGUA, EN kg/m^3 PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO, INDICADOS EN mm.							
	10	12.5	20	25	40	50	100	150
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO								
DE 3 A 5	205	200	185	180	160	155	145	125
DE 8 A 10	225	215	200	195	175	170	160	140
DE 15 A 18	240	230	210	205	185	180	170	
AIRE ATRAPADO APROX. EN %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO								
DE 3 A 5	180	175	165	160	145	140	135	120
DE 8 A 10	200	190	180	175	160	155	150	135
DE 15 A 18	215	205	190	185	170	165	160	
CONTENIDO RECOMENDADO DE AIRE EN %, EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A AGENTES DE CONGELACIÓN O DESHIELO								

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

LIGERA	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
MODERADA	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
SEVERA	7	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Las cantidades de agua de mezclado de la tabla anterior, son para el cálculo de los factores de cemento en mezclas de prueba. Son valores máximos para agregados gruesos angulares de razonable buena forma con granulometrías de los límites marcados por las normas.

TABLA 5.3

f'c (kgf/cm^2)	RELACIÓN AGUA/CEMENTO POR PESO	
	SIN AIRE INCLUIDO	CON AIRE INCLUIDO
175	0.67	0.54
210	0.58	0.46
245	0.51	0.40
280	0.44	0.35
315	0.38	*
350	*	*

Con la mayoría de los materiales, las relaciones agua/cemento mostradas proporcionarán resistencias promedio mayores que las requeridas.

(*) Para resistencias > 315 kgf/cm^2 (en concretos sin aire incluido) y de 280 kgf/cm^2 (en concretos con aire incluido), las proporciones del concreto deberán establecerse a partir de datos de campo o de mezcla de prueba.

TABLA 5.4

TMA (mm)	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO EN SECO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.7
50	0.78	0.76	0.74	0.72

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Volúmenes para producir concreto con un grado de trabajabilidad adecuado para la construcción de concreto reforzado común. Para concretos menos trabajables (para pavimentos de concreto, etc.), aumentar un 10%. Para concretos menos trabajables (para concreto bombeable, etc.), disminuir un 10%.

TABLA 5.5

TMA (mm)	PRIMER CÁLCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO EN kgf/m^3	
	SIN AIRE INCLUIDO	CON AIRE INCLUIDO
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

TABLA 5.6

REVENIMIENTO ESPECIFICADO (cm)	TOLERANCIA (cm)
MENOS DE 5.0	±1.5
DE 5.0 A 10.0	±2.5
MAS DE 10.0	±3.5

TABLA 5.7

RESISTENCIA ESPERADA DE MEZCLAS DE CONCRETO	
APLICACIÓN TÍPICA	f´c (kgf/cm^2)
CASTILLOS Y DALAS	150
LOSAS	150 A 200
VIGAS	150 A 250
COLUMNAS	200 A 300
ZAPATAS	200 A 300

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

5. RESULTADOS

Los obtenidos en clase.

Cuestionario.

DISEÑO DE MEZCLA:

1. ¿Qué importancia tiene el proporcionar debidamente cada uno de los componentes de una mezcla para concreto hidráulico?
2. ¿Un mal proporcionamiento de una mezcla cómo afecta a la resistencia final de un concreto hidráulico? ¿Por qué?
3. En el diseño se debe considerar que quedará aire atrapado en la mezcla ¿Cómo entiende esto?
4. ¿En qué casos el aire atrapado en una mezcla es beneficioso? ¿Por qué?
5. En el diseño se utiliza el concepto de Peso Volumétrico Compactado en lugar de Peso Volumétrico Suelto para los agregados. Diga el por qué.
6. Al definir el f´c en el diseño del proporcionamiento se observa en la tabla 5.7 que hay tolerancias. ¿Qué valor es recomendable escoger y por qué?
7. ¿Qué ventaja representa la determinación del contenido de arena sobre la base del volumen absoluto respecto a la base de peso? ¿Por qué razón?
8. Explique el concepto de la compensación por humedad y absorción de los agregados. ¿de qué manera afecta a la calidad de la mezcla el no considerar estos ajustes?
9. ¿El Revenimiento es una parte importante en el diseño? ¿Por qué?
10. ¿Qué normas debe cumplir el diseño de un proporcionamiento?

6. CONCLUSIONES

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO (ACI-318) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, Vigente.

H. Kosmatka, Steven., C. Panarese William. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1992.

Varios. EL CONCRETO EN LA OBRA, México, D.F. IMCYC, 1983.

Normas mexicanas:
NMX-C-155-ONNCCE-2014 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO HIDRÁULICO-DOSIFICADO EN MASA ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO

NMX-C-155-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Concreto Hidráulico - Dosificado en Masa Especificaciones y Métodos de Ensayo. (CANCELA A LA NMX -C-403-ONNCCE-1999)

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 4
ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO

1. OBJETIVO.

El alumno elaborará mezclas de concreto hidráulico, verificando sus características principales en estado fresco para obtener especímenes de prueba.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

La preparación de la mezcla de concreto hidráulico puede hacerse de dos maneras:

Mezclado mecánico: En este procedimiento se añade primero el agregado grueso y parte del **agua de mezclado** y los aditivos en solución (cuando éstos se requieran). Los aditivos también pueden ser disueltos en el agua de mezclado antes de agregarla. Se inicia la operación de la revolvedora y después se añade el agregado fino, el cemento y el resto del agua mientras gira la olla.

Para evitar la **segregación,** el concreto mezclado con revolvedora, se vacía en una charola húmeda y se remezcla con pala o cucharón hasta obtener una apariencia uniforme. Hay necesidad de precauciones especiales para limpiar la revolvedora y demás equipo, a fin de asegurar que las sustancias químicas o aditivos que se hayan empleado en ciertas revolturas, no afecten a las subsecuentes.

Mezclado a mano: En este caso se mezcla el cemento, el aditivo insoluble (si fuera necesario) y el agregado fino hasta lograr una combinación uniforme. Se añade el agregado grueso previo al agua para mezclar toda la revoltura, a fin de conseguir una distribución homogénea con la consistencia deseada.

De la revoltura de concreto se obtiene la muestra para elaborar los especímenes considerando un remanente adicional de aproximadamente el 10% por desperdicios. El **revenimiento,** que es la medida de la consistencia, debe realizarse inmediatamente después del mezclado. Es muy importante no alterar las secuencias de mezclado, a menos que se pretenda estudiar el efecto de estas variaciones.

La elaboración de los especímenes debe hacerse lo más cercano posible de donde serán almacenados; de no ser así, hay que transportar cuidadosamente los moldes de manera inmediata después de enrasados. Es necesario evitar los movimientos bruscos, golpes, inclinaciones o rayados de la superficie de los especímenes.

La colocación del concreto en los moldes se efectúa con un cucharón moviéndolo alrededor del borde superior de los cilindros mientras se descarga la mezcla, para asegurar una distribución uniforme y reducir la segregación del agregado grueso. Se distribuye el concreto colocado, empleando una varilla con punta semiesférica, antes de iniciar el compactado que se hace en tres capas.

La elaboración de los especímenes requiere del empleo de diferentes métodos de compactación como el varillado, vibrado interno y externo. Se varillan los concretos con revenimiento mayor a ocho centímetros; se varillan o vibran las mezclas con revenimiento entre tres y ocho centímetros y se compactan con vibración los concretos con revenimiento menor de tres centímetros. No debe emplearse la vibración interna en especímenes pequeños de concreto hidráulico simple (vigas hasta de 15x15x60 cm y cilindros hasta de 15cm de diámetro por 30cm de altura) como los empleados en laboratorio.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar, se deben cubrir con una tapa o tela de plástico resistente e impermeable, inmediatamente después de terminados.

El descimbrado se ejecuta no antes de 20 horas, ni después de 48 horas de su elaboración. Una vez extraídos de los moldes, los especímenes se someten a **curado húmedo**, que consiste en mantenerlos en contacto con agua hasta la edad de prueba, logrando esto por inmersión en agua saturada con cal o por almacenamiento en cuarto húmedo. Las muestras no deben ser expuestas a goteo directo o agua corriente.

Para la utilización del concreto hidráulico en obra, se requiere de varias etapas que se inician con la dosificación, se prosigue con el mezclado, transporte, colocación, compactación, acabado, finalizando con el curado. Todas tienen especial importancia y deben estar sujetas a inspecciones minuciosas de control por parte del productor o proveedor y de comprobación de la calidad por parte del supervisor, a través de pruebas de laboratorio.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO.

3.1 Equipo
Pala.
Charolas o artesa.
Varilla lisa de 15. 9 mm de diámetro y 60.0 cm de longitud con punta semiesférica.
Cono para prueba de revenimiento.
Moldes cilíndricos (15 cm. de diámetro y 30 cm de altura).
Moldes prismáticos (15 cm de base, 15 cm de altura y 60 cm de longitud).
Báscula.
Botes o cubetas.
Cuchara y cucharón.
Flexómetro.
Martillo de goma.
Brocha.

3.2 Material de consumo:
Cemento
Grava
Arena
Agua
Aceite mineral

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA

1) Mezclado.
Proceda a pesar los materiales para la elaboración del concreto. El mezclado de los mismos puede realizarse por cualquiera de los métodos que a continuación se describen:

1.1) Mezclado mecánico. Observe la Fig. 6.1

1.1.1) Humedezca el interior de la olla de la revolvedora.

1.1.2) Coloque en la olla los agregados (primero la grava, después la arena) y la mitad del agua considerada.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

1.1.3) Realice un premezclado (Aprox. de 30 - 60 segundos cuidando evitar la segregación).

1.1.4) Agregue el cemento y el resto del agua.

1.1.5) Mezcle todos los componentes un tiempo mínimo de 2 minutos.

Fig. 6.1

1.2) Mezclado a mano.

1.2.1) Humedezca la charola o el piso, garantizando una humedad tal que estos no aporten o quiten agua a la mezcla en su elaboración.

1.2.2) Mezcle primeramente con pala el agregado fino y el cemento hasta el punto en el que se observe una mezcla homogénea (la homogeneidad de la mezcla cemento y arena se observa cuando al pasar la pala por encima y en contacto de ella, no se ven grumos de cemento).

1.2.3) Forme con el material revuelto una pila cónica y deposite en su parte superior el agregado grueso.

1.2.4) Agregue el agua poco a poco y al mismo tiempo mezcle todos los materiales, teniendo cuidado de no derramarla.

1.2.5) Mezcle lo suficiente de tal forma que se aprecie una mezcla homogénea.

2) *Determinación del revenimiento.*

2.1) Obtenida una mezcla homogénea de concreto, seleccione una superficie plana, horizontal lisa, firme y no absorbente (Puede ser una placa metálica).

2.2) Humedezca la superficie y el interior del cono, así como la varilla de compactación.

2.3) Llene el cono con la muestra en tres capas, debiendo cada una ser de aproximadamente 1/3 del volumen total del cono (Esto se logra llenando aproximadamente la primera capa hasta 1/4 de la altura del cono, la segunda hasta 1/2 y la última rebasando la parte superior del cono). Observe la Fig. 6.2

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

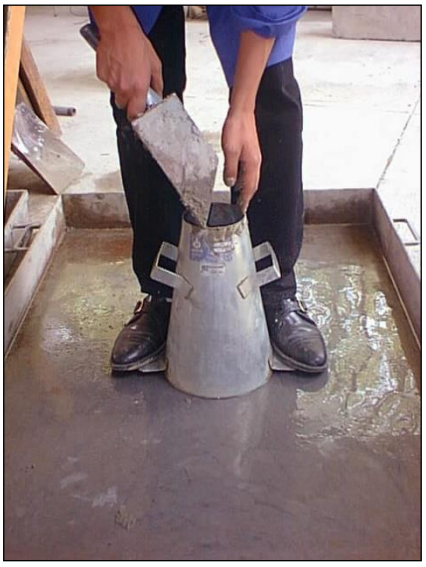


Fig. 6.2

La primera capa se compacta con 25 penetraciones de la varilla, inclinándola ligeramente para compactar las orillas y siguiendo una espiral hacia el centro del cono. La segunda capa se compacta de la misma forma que se hizo al compactar la primera, pero procurando que en cada golpe, la varilla penetre aproximadamente 2.0 cm. en la capa anterior. La tercera capa, debe rebasar el borde superior del cono, compactando también con 25 golpes; cada golpe debe penetrar 2.0 cm aprox. en la capa anterior. En el caso de que durante la compactación de esta última capa, el concreto quede por debajo del borde superior del cono, podrá agregar un poco de muestra y continuar compactando hasta completar el número de golpes especificado (De preferencia, agregar muestra de concreto después de los primeros 10 golpes y en caso de ser necesario después del golpe número 20). Observe la Fig. 6.3

Fig. 6.3

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

2.4) Utilizando la varilla de compactación, enrase el concreto apoyándose en el borde superior del cono. Una vez enrasado, limpie el exceso de concreto que haya alrededor del cono en su parte baja.

2.5) Proceda a levantar el cono, de manera suave (Esto permite que el concreto al liberarse del molde se asiente de forma natural), alzándolo verticalmente y evitando giros o inclinaciones del mismo que podrían arrastrar el concreto. Para levantar el cono se requiere un tiempo de 5 ± 2seg.

Debe tomarse en cuenta que para llenar el cono y levantarlo, se dispone de un tiempo de 2.5 minutos como máximo.

2.6) Después de levantar el cono, coloque el molde de cabeza y ponga la varilla acostada y horizontal sobre el borde del cono y en dirección de la altura promedio de la base superior en el concreto asentado. Mida verticalmente con la cinta métrica la diferencia de alturas que existan entre la parte baja de la varilla y la porción central de la superficie del concreto asentado. Esta es la medida del revenimiento y debe anotarse con aproximación de 1.0 cm. Observe la Fig. 6.4:

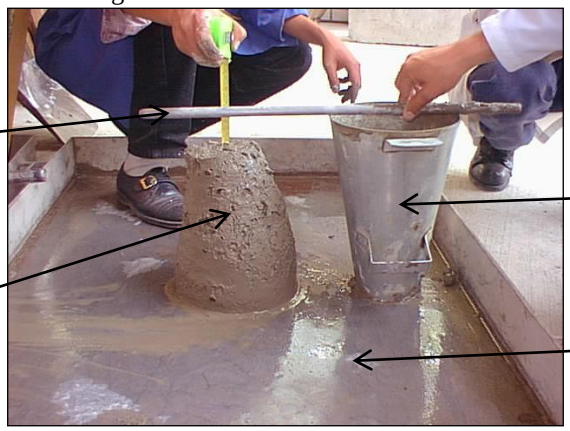


Fig. 6.4

Observe la tabla de tolerancias en el revenimiento especificado (tabla 6.1.).

2.7) El valor del revenimiento debe determinarse en un tiempo no mayor de 15 min., contados a partir del momento en que se termina la mezcla.

3) *Moldeo de especímenes*.

3.1) CILINDROS. (De 15.0 cm de diámetro por 30.0 cm de altura)

3.1.1) Revise que los moldes estén bien sellados y ajustados para evitar pérdidas de material de la mezcla de concreto.

3.1.2) Engrase los moldes en su superficie interior con una capa uniforme.

3.1.3) Coloque los moldes cilíndricos sobre una área o superficie plana y horizontal.

3.1.4) Proceda a llenar los moldes con concreto en tres capas de la misma altura (10 cm), vaciando la mezcla con un cucharón y compactando cada una de ellas con 25 golpes de la varilla en forma de espiral de afuera hacia adentro, teniendo cuidado para la segunda y tercera capa que la varilla penetre aproximadamente 2.0 cm la capa inferior. Entre capa y capa puede golpearse de manera

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

distribuida el cuerpo del molde con un martillo de goma de 10 a 15 veces para evitar oquedades. Observe las Fig. 6.5 a 6.7

Fig. 6.5

Fig. 6.6

Fig. 6.7

3.1.5) Una vez lleno proceda a enrasar los cilindros, operación que consiste en eliminar el exceso de concreto y nivelar este con el borde superior del molde. Esto se hace mediante el uso de una regla metálica o la misma varilla de compactación, pasándola con movimiento de vaivén horizontal (aserrando) para obtener una superficie plana en el menor número de movimientos para evitar un sangrado. Observe las Fig. 6.8 y 6.9

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 6.8

Fig. 6.9

3.1.6) Proteja los cilindros contra la evaporación del agua inmediatamente después de elaborarlos. Esto puede lograrse bien colocando una bolsa de plástico trasparente debidamente sujetada con una liga en la parte superior del molde cilíndrico.

3.1.7) Identifique debidamente cada uno de los especímenes.

3.2) VIGAS. (De 15.0 cm de base, 15.0 cm de peralte y 60.0 cm de longitud).

3.2.1) Revise que los moldes estén bien sellados y ajustados para evitar pérdidas de material de la mezcla de concreto.

3.2.2) Engrase los moldes en su superficie interior con una capa uniforme.

3.2.3) Coloque los moldes prismáticos sobre una área o superficie plana y horizontal. Observe la Fig. 6.10

Fig. 6.10

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3.2.4) Proceda a llenar los moldes con concreto en dos capas de la misma altura (7.5 cm), vaciando la mezcla con un cucharón y compactando cada una de ellas con 90 golpes de la varilla (a razón de 1 golpe por cada 10.0 cm^2 de superficie) uniformemente y de manera distribuida, teniendo cuidado que para la segunda capa la varilla penetre aproximadamente 2.0 cm la capa inferior. Entre capa y capa puede golpearse el cuerpo del molde con un martillo de goma para evitar oquedades. Observe las Fig. 6.11 a 6.14

Fig. 6.11

Fig. 6.12

Fig. 6.13

Fig. 6.14

3.2.5) Hecho lo anterior, proceda a enrasar las vigas, tal como se describió para los cilindros. Observe las Fig. 6.15 y 6.16

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 6.15

Fig. 6.16

3.2.6) Proteja las vigas contra la evaporación del agua inmediatamente después de su elaboración, con un material impermeable. Observe la Fig. 6.17

Fig. 6.17

3.2.7) Identifique debidamente cada uno de los especímenes.

4) Descimbrado y curado.

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

4.2) El curado se debe efectuar por cualquiera de los métodos que a continuación se describen:

4.2.1) Inmersión en agua saturada con cal.

4.2.2) Almacenamiento en cuarto húmedo, que garantice una temperatura de 23 ± 3° C, y una humedad relativa mínima de 95 %.

TABLA 6.1.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

REVENIMIENTO ESPECIFICADO (CM)	TOLERANCIA (CM)
MENOS DE 5.0	±1.5
DE 5.0 A 10.0	±2.5
MAS DE 10.0	±3.5

5. RESULTADOS.

El informe deberá incluir:
a) Anote el valor obtenido de revenimiento:

Revenimiento (cm)

Cuestionario.

1. ¿El pesaje preciso de cada uno de los componentes de la mezcla es importante? ¿Por qué?
2. ¿Qué razón existe para mezclar debidamente primero la arena y el cemento cuando se hace sobre el piso? Cuando se utiliza la revolvedora, ¿Por qué se incorpora primero la grava y después el resto de los materiales?
3. ¿En qué afecta el hecho de que sea mayor a lo especificado el resultado de la prueba de revenimiento y viceversa?
4. ¿ Por qué razón la pérdida por evaporación excesiva del agua después de un colado afecta a la resistencia?
5. ¿Qué procedimientos deben realizarse para asegurar que no quede atrapado aire en exceso?
6. Hay un tiempo adecuado para descimbrar. ¿Explique en qué afecta si el descimbrado es prematuro o es tardío?
7. ¿Qué tiempo de curado es el recomendable según normas para hacer las pruebas a los especímenes? ¿Se puede reducir este tiempo?
8. ¿En qué ambiente se curaron las muestras? ¿Qué otra forma de curado se puede tener?
9. ¿Qué cuidados y control se deben tener con los especímenes para después realizar las pruebas correspondientes?
10. ¿Qué normas se deben cumplir para verificar la calidad de una mezcla y para la preparación de especímenes de prueba? ¿Se cumplieron estas normas durante la sesión práctica de laboratorio?

6. CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

7. FUENTES DE CONSULTA

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO (ACI-318) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, Vigente.

H. Kosmatka, Steven., C. Panarese William. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1992.

Varios. EL CONCRETO EN LA OBRA, México, D.F. IMCYC, 1983.

Normas mexicanas:

NMX-C-148-ONNCCE-2010 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CEMENTOS Y CONCRETOS HIDRAULICOS-GABINETES, CUARTOS HUMEDOS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO-CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN

NMX-C-155-ONNCCE-2014 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO HIDRÁULICO-DOSIFICADO EN MASA ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO

NMX-C-156-ONNCCE-2010 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO HIDRAULICO-DETERMINACION DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO

NMX-C-160-ONNCCE-2004 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO-ELABORACION Y CURADO EN OBRA DE ESPECIMENES DE CONCRETO

NMX-C-161-ONNCCE-2013 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO FRESCO-MUESTREO

NMX-C-159-ONNCCE-2016 Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 5
TENSIÓN EN ACERO DE REFUERZO

1. OBJETIVO.

El alumno determinará la máxima resistencia a esfuerzo normal a tensión de un espécimen de acero de refuerzo, representando gráficamente su comportamiento de esfuerzo contra deformación unitaria.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

El índice de resistencia de mayor utilidad en el acero es su **esfuerzo de fluencia σy**, que se entiende como el esfuerzo para el cual el material registra grandes deformaciones manteniendo una carga constante. En el laboratorio se obtiene mediante el ensayo a tensión de barras de acero de refuerzo para concreto. Para otros propósitos los experimentos se efectúan en probetas metálicas estandarizadas (Fig 1.1 y 1.2), expresamente torneadas para tales fines, cuya longitud de medición es de 2 pulgadas.

Fig. 1.1

Fig. 1.2

La prueba permite determinar la relación entre la carga axial de tensión aplicada a la varilla y la deformación lineal que sufre la longitud calibrada, patrón o de medición. Al graficar estos registros se construye el diagrama **carga vs deformación lineal (T vs δ),** que depende de las dimensiones de los especímenes, así como del material del que están hechos.

Si lo que se dibuja es la carga dividida por el área inicial de la sección transversal vs la deformación lineal dividida por la longitud patrón o de medición de los especímenes, se obtiene el diagrama **esfuerzo vs deformación unitaria (σ vs ε),** que es independiente del tamaño y forma del espécimen y es sólo función del material del que está hecho. Del análisis de esta gráfica se deducen propiedades muy importantes de los materiales con fines estructurales.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

La parte inicial del diagrama **σ vs ε** de la mayoría de los metales es una línea recta, esto indica que hay proporcionalidad entre las dos variables y fue observada por primera vez por Roberto Hooke en 1678 y se conoce como la ley de Hooke, cuya expresión matemática más sencilla es:

$$\sigma = K\varepsilon$$

Tomás Young en 1807, sugirió el uso de **E** para designar a la constante de proporcionalidad entre **σ y ε** con la finalidad de medir la **rigidez** de un material. Esta relación se denomina **módulo de Young o módulo de elasticidad** y es la pendiente de la porción recta del diagrama **σ vs ε** (Fig. 1.3) esto es:

$$\sigma = E\varepsilon \quad o \quad E = \sigma/\varepsilon$$

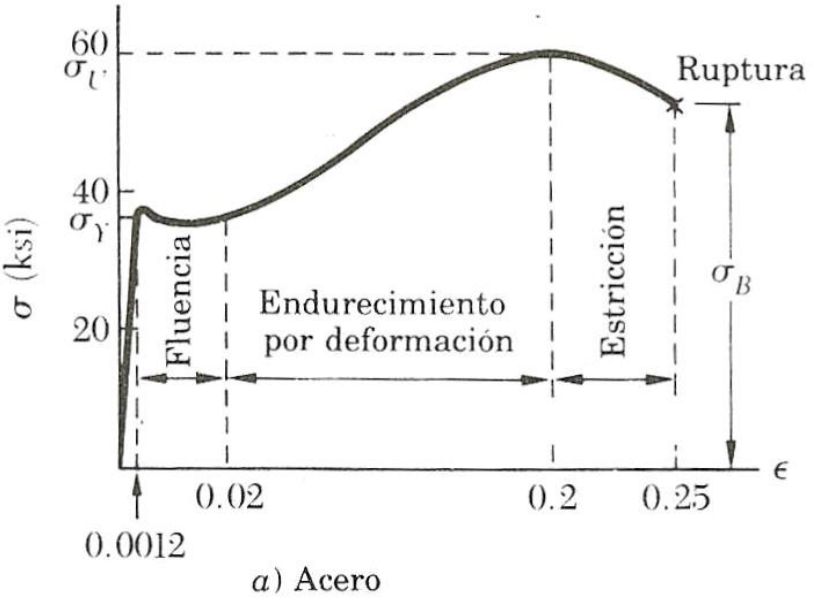


Fig. 1.3

Esta magnitud es difícil de determinar en diagramas curvos aun a esfuerzos ligeros, por lo que se usa el **módulo tangencial (Et)** para un nivel particular de esfuerzos y el **módulo secante (Es)** convenientemente trazado para relacionar **σ y ε** en cualquier punto del diagrama.

El esfuerzo máximo para el cual **σ y ε** son linealmente proporcionales, se llama **límite de proporcionalidad.** Se dice que una acción es elástica si la **ε** que resulta por la aplicación de un esfuerzo, desaparece cuando se retira éste. El **límite elástico** es el esfuerzo máximo para el que un material se comporta elásticamente. Para valores superiores a él, se genera una **ε** permanente, residual o plástica. Con fines prácticos, los límites de proporcionalidad y el elástico se consideran iguales.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

La deformación plástica que continúa aumentando, con un esfuerzo constante, se denomina **flujo plástico.** En muchos casos el flujo prosigue hasta que se presenta la fractura. Algunos materiales como el concreto, son susceptibles a este flujo a temperatura ambiente y otros como el acero lo exhiben, pero a temperaturas elevadas.

El punto de fluencia σ_y es un esfuerzo donde hay un aumento evidente de la deformación unitaria, sin que se incremente el esfuerzo, con la particularidad de que si continúa la deformación, el esfuerzo aumentará nuevamente. El punto de fluencia se identifica por una detención o incluso decremento de la carga que le aplica el marco universal a una probeta. Pocos materiales poseen esta propiedad tan bien definida como los aceros comunes de bajo contenido de carbón, así como ciertas aleaciones metálicas (Fig. 1.4).

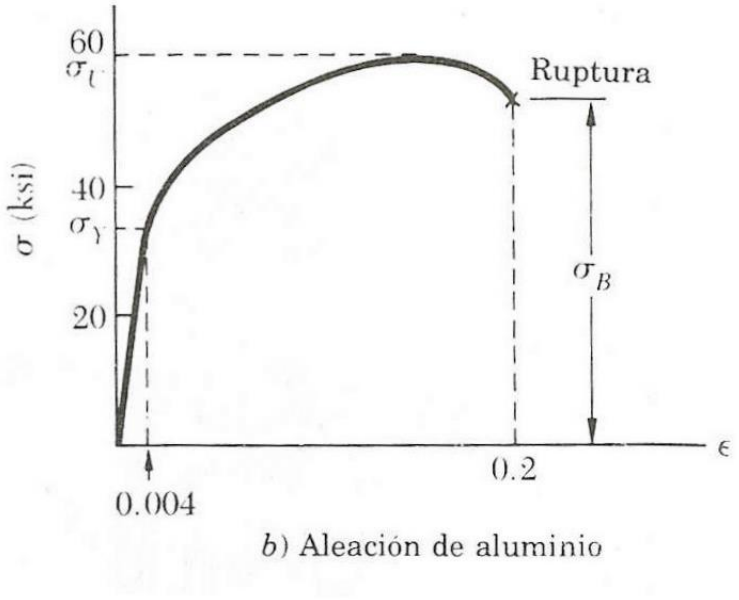


Fig. 1.4

Otras veces este punto se observa con menor definición en la gráfica porque los esfuerzos continúan en aumento durante todo el proceso de prueba , hasta la ruptura (Fig. 1.5).

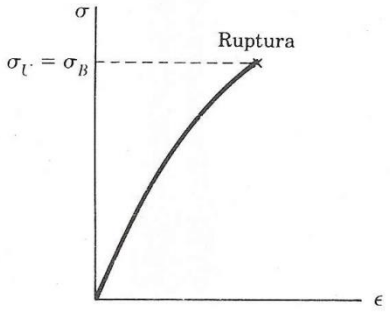


Fig. 1.5

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

La **resistencia a la fluencia,** cuando el punto de fluencia no es evidente, se define como el esfuerzo que induce una deformación unitaria permanente específica, siendo **0.2%** el valor más usual para esta **ε**. A partir de dicha deformación se traza una línea paralela a la porción recta de la gráfica **σ vs ε** y donde se intersectan es el punto que indica el valor de fluencia para la deformación unitaria definida (Fig. 1.6).

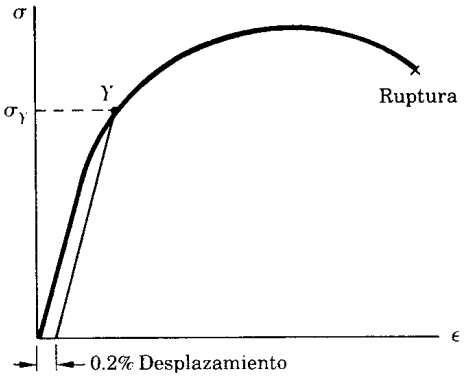


Fig. 1.6

El esfuerzo máximo, basado en el área original, producido en un material antes de la ruptura se llama **resistencia máxima.** Cuando se alcanza este valor en los materiales dúctiles, el área de la sección transversal de la probeta empieza a disminuir o estrangularse, en tanto que la carga soportada también decrece. El esfuerzo calculado sobre el área original o **esfuerzo nominal** disminuye, mientras que el basado en la sección estrangulada o **esfuerzo real** continúa en aumento, hasta la ruptura.

Todos los ensayos de laboratorio, se refieren a esfuerzos nominales, ya que lo menos deseable en la práctica es llevar a un miembro estructural hasta una situación de estrangulamiento.

La mayoría de las estructuras están diseñadas de tal modo que los esfuerzos sean menores que el límite de proporcionalidad de los materiales, por lo tanto el módulo de Young, constituye un valor cuya magnitud es muy conveniente conocer. Cuando los esfuerzos sobrepasan al límite de proporcionalidad, se pierde la relación de linealidad. Se han propuesto diferentes ecuaciones empíricas que relacionen **σ** con **ε** para el caso en que se rebasa el límite de proporcionalidad, siendo el modelo **elastoplástico** idealizado, el más empleado para acero dulce y otros materiales similares, cuyo objeto es simplificar los cálculos.

Después de alcanzar el valor máximo de resistencia, el material sigue fluyendo a la vez que la sección transversal continúa disminuyendo (estricción) hasta que se presenta la fractura. A este punto se le conoce como **resistencia a la ruptura**.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

- Marco de carga.
- Dispositivos para la prueba de tensión.
- Micrómetro.
- Extensómetro.
- Flexómetro.
- Calibrador.
- Báscula.
- Probetas de acero.
- Muestras de varilla corrugada laminada en caliente de diferentes diámetros.
- Cinta o etiquetas adhesivas.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

1) Corte tramos de varilla de distintos diámetros. Se recomienda una longitud de 60.0 cm.

2) Identifique cada muestra con un número de referencia.

3) Coloque los dispositivos para la prueba de tensión. Observe la Fig. 1.7:

Fig. 1.7

4) Prepare la muestra mediante marcas que sirvan de referencia para la medición de deformaciones. Para los tramos de varilla de 60.0 cm se recomienda marcar a la mitad de la varilla una longitud patrón de 20.0 cm para tal efecto. Observe la Fig. 1.8:

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

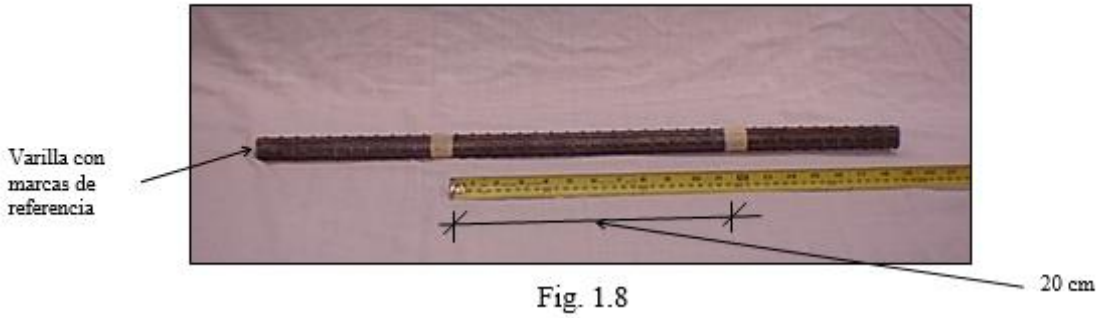


Fig. 1.8

5) Determine de la muestra lo siguiente:

5.1) Peso (kgf)

5.2) Longitud inicial total (m)

5.3) Peso por metro lineal (kgf/m)

5.4) Diámetro inicial (cm)

5.5) Área de la sección (cm^2). Este último se calcula de la siguiente manera:

5.5.1) Para varillas corrugadas: Utilice la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\omega}{0.784}$$

En donde :

$A =$ Area en cm^2.

$\omega =$ Peso por metro lineal en kgf/m .

5.5.2) Para varillas lisas circulares: Calcular en forma directa tomando el promedio de 3 diámetros. (Válido también para varillas corrugadas, sólo que debe tenerse cuidado de no medir sobre las corrugaciones).

6) Coloque la muestra adecuadamente entre las mordazas, alineándola debidamente, evitando así excentricidad en la aplicación de la carga con el fin de obtener una distribución uniforme de esfuerzos. Es importante hacer coincidir las marcas hechas a la barra con el canto interno de las mordazas que la sujetan para un mejor control en la medición de deformaciones. Observe la Fig. 1.9:

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

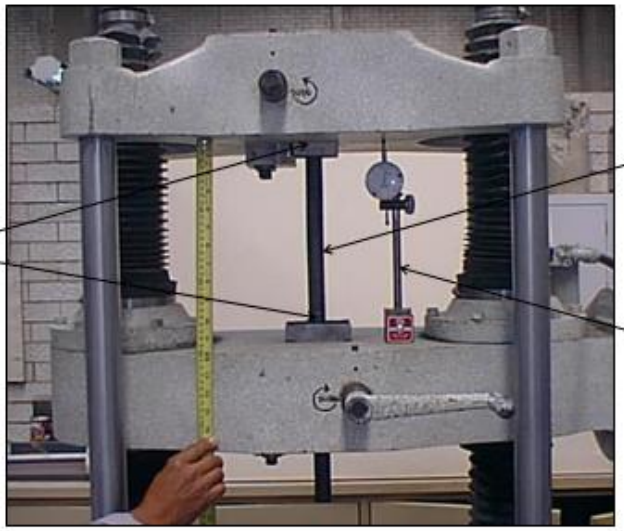


Fig. 1.9

7) Aplique con el marco de carga tensión a la muestra de tal forma que se ajusten debidamente las mordazas con ésta, al lograrlo ajuste la aguja de registro de carga de la carátula en cero y coloque el extensómetro con sus accesorios.

8) Abra gradualmente la válvula de carga, provocando tensión hasta obtener la ruptura de la muestra. En cada ocasión que se tomen lecturas se deberá cerrar la válvula. Se recomienda efectuar las lecturas a intervalos de carga múltiplos de 100 kgf o bien a intervalos constantes de deformación (A cada 0.1 cm hasta llegar a los 1.5 cm de deformación y después a cada 0.5 cm hasta la ruptura; o a múltiplos de 100 kgf hasta llegar a 1 ton, llevando el registro a intervalos de deformación como primero se menciona según convenga). Es importante que se lleve el registro de carga y deformación lo más cercano posible al punto de ruptura de la muestra.

Hasta la mitad del límite de fluencia especificado puede usarse cualquier velocidad de aplicación de la carga; cuando se llega a este punto, la velocidad debe ajustarse de manera que no exceda 1.57 mm por minuto por cada 25.4 mm de longitud calibrada en la probeta, o bien de la distancia entre las mordazas para probetas a las que no se les ha reducido su sección. Esta velocidad se debe mantener a través de la zona de fluencia. Posteriormente la velocidad puede aumentar sin que exceda 12.7 mm por minuto en iguales condiciones.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

5. RESULTADOS.

El informe deberá incluir:

a) Datos iniciales y resultados en la tabla siguiente:

	Espécimen 1	**Espécimen 2**	**Espécimen 3**	**Espécimen 4**
Peso (kgf)				
Longitud inicial total (cm)				
Longitud inicial Patrón (cm)				
Peso por metro lineal (kgf/m)				
Diámetro inicial (cm)				
Área inicial sección(cm^2)				
Diámetro final (cm)				
Longitud final patrón(cm)				
Área final sección (cm^2)				
Deformación lineal(cm)				
Límite de proporcio-nalidad(kgf/cm^2)				
Límite de fluencia (kgf/cm^2)				
Carga máxima (kgf)				
Esfuerzo máximo (kgf/cm^2)				
Carga de ruptura (kgf)				
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm^2)				
Módulo elástico (kgf/cm^2)				
Elongación (%)				
Reducción de área (%)				

Nota: Esta tabla podrá requerir de más columnas si se tienen mayor número de muestras.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

b) Para cada varilla o probeta, elabore su gráfica de esfuerzo vs deformación unitaria con los resultados anotados en la siguiente tabla:

	Espécimen 1	**Espécimen 2**	**Espécimen 3**	**Espécimen 4**
Carga (kgf)				
Esfuerzo (kgf/cm^2)				
Alargamiento(cm)				
Def. Unitaria				

Nota: Esta tabla podrá requerir de más columnas si se tienen mayor número de muestras.

Cuestionario.

1. ¿Qué entiende por acero de refuerzo? Dé ejemplos.
2. ¿Por qué es importante realizar una prueba de tensión a un acero de refuerzo?
3. ¿Qué diferencia hay entre fuerza de tensión y esfuerzo de tensión?
4. ¿Por qué se utiliza la fórmula $A = w / 0.784$ y no la fórmula $A = \pi r^2$ para determinar el área de una varilla corrugada?
5. ¿ Para qué es el corrugado en una varilla de acero de refuerzo?
6. ¿Qué establece la Ley de Hooke?
7. ¿Qué importancia tiene el punto de fluencia en la gráfica esfuerzo deformación unitaria?
8. ¿Qué importancia tiene el esfuerzo máximo en la prueba esfuerzo deformación unitaria?
9. ¿Cómo se determina el Módulo Elástico de un acero de refuerzo?
10. ¿Cumplen las muestras con los requisitos que marcan las normas?

6. CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

- Beer Ferdinand P. Johnston E. Russell Jr. DeWolf John T. MECÁNICA DE MATERIALES, 3ª Edición, México, D.F., Mc. GRAW-HILL, Interamericana Editores S.A de C.V. 2004.
- Pytel, Andrew. L. Singer, Ferdinand, RESISTENCIA DE MATERIALES, Introducción a la Mecánica de Sólidos, 4ª Edición, México, D.F., OXFORD, 1999.

- NORMAS MEXICANAS:
- NMX-B-172-CANACERO-2013 - INDUSTRIA SIDERÚRGICA-MÉTODOS DE PRUEBA MECÁNICOS PARA PRODUCTOS DE ACERO
- NMX-B-310-1981 - Método de prueba a la tensión para productos de acero.
- PROY-NMX-C-407-ONNCCE-2011 - INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-VARILLA CORRUGADA DE ACERO PROVENIENTE DE LINGOTE Y PALANQUILLA PARA REFUERZO DE CONCRETO-ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO Y METODOS DE ENSAYO
- NMX-B-434 - Método de prueba para determinar el peso unitario y el área transversal de las varillas corrugadas para refuerzo del concreto.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 6
CORTANTE DIRECTO EN ACERO

1. OBJETIVO

El alumno determinará la resistencia al esfuerzo cortante directo de especímenes de prueba.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

Las cargas aplicadas a las estructuras o máquinas se transmiten a sus miembros a través de conexiones donde se emplean remaches, pernos, tornillos, clavos, seguros y soldadura. En todas estas uniones o conexiones, uno de los esfuerzos inducidos más significativos es el **esfuerzo cortante directo.**

El método de transferencia de cargas entre los miembros conectados, es mediante una distribución de fuerza cortante en toda la sección transversal del elemento empleado para la conexión.

Cuando la fuerza cortante se distribuye sólo en una sección del conector, se conoce como **cortante simple o sencillo,** el equilibrio requiere que la fuerza cortante **V**, sea igual a la carga aplicada **P** (Fig 2.1), si se encuentra sujeto a esta acción en dos planos como sucede en numerosas situaciones reales, se dice que trabaja a **cortante doble,** en este caso el equilibrio requiere que la fuerza cortante **V** en cada sección transversal del conector, sea igual a la mitad de la carga **P** (Fig. 2.2). Observe la Fig. 2.3 que corresponde al esquema general de los casos mencionados.

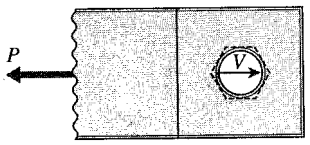


Fig. 2.1

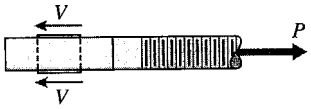


Fig. 2.2

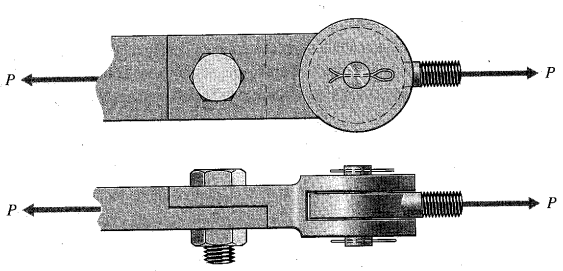


Fig. 2.3

Del concepto de esfuerzo visto en clase, se tiene que el esfuerzo cortante promedio (τ_{prom}), actuante sobre la sección transversal del conector, se puede calcular como:

$$\tau_{prom} = \mathbf{V/A}$$

Aquí **V** es la magnitud de la fuerza cortante y **A** es el área de la sección transversal del conector, haciendo las consideraciones convenientes según se trate de cortante simple o doble.

A diferencia del esfuerzo normal actuante sobre miembros estructurales, el cortante, no se distribuye uniformemente en toda el área. Por lo tanto, el valor en un punto particular y el $\tau_{máx}$ en una sección transversal, serán diferentes al τ_{prom} calculado con la ecuación anterior.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

El diseño de conexiones simples, se ha basado comúnmente en consideraciones de esfuerzo cortante promedio, obteniéndose resultados satisfactorios hasta la fecha.

Otro tipo de acción cortante se denomina **esfuerzo cortante de penetración,** que consiste en el hincado de un punzón o de un sacabocados para horadar una placa o cuerpo(Fig. 2.4). Tal es el caso de la tendencia de las columnas de perforar las zapatas que las soportan y de las losas al ser soportadas por columnas.

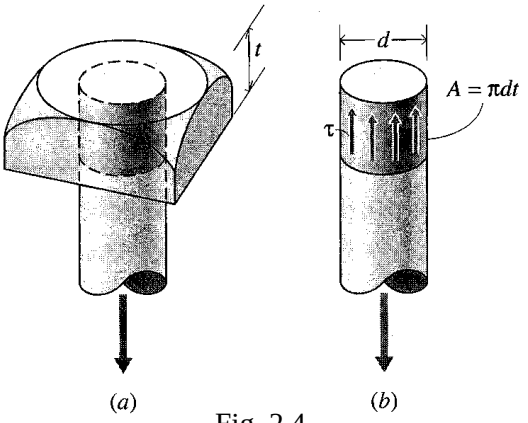


Fig. 2.4

Para una carga cortante de penetración, el esfuerzo cortante promedio se calcula considerando como área resistente, a la superficie descrita por el perímetro del objeto penetrante multiplicado por el espesor del elemento penetrado.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO.

3.1 Equipo:

Marco de carga.
Calibrador.
Accesorios para la prueba de cortante. Observe la Fig. 2.5:

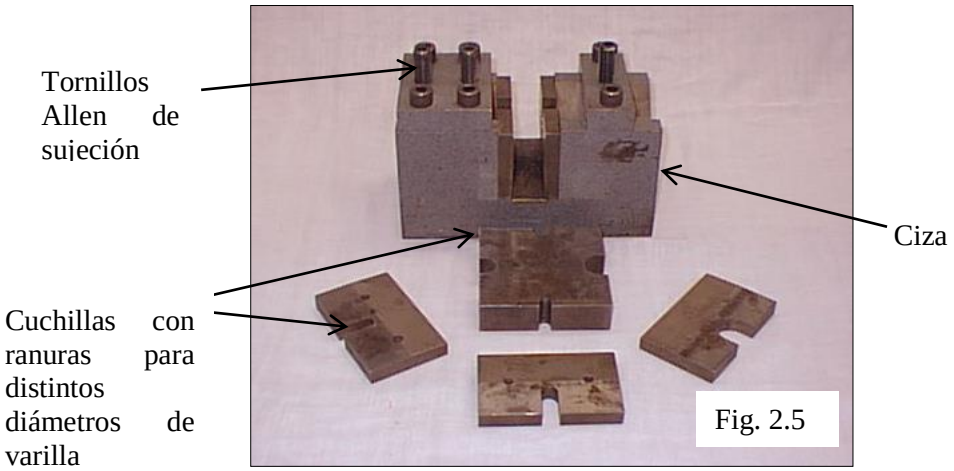


Fig. 2.5

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3.2 Material:
Muestras de varilla lisa o corrugada laminada en caliente de diferentes diámetros.

4 DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

1) Determine el área promedio de la sección transversal en las probetas a utilizar.

2) Fije la probeta en el dispositivo de *corte sencillo* de tal forma que este se produzca, aplicando la carga a velocidad baja hasta llegar a la ruptura. Durante la realización de la prueba observe si hay o no zonas donde se presente la fluencia. Observe la Fig. 2.6:

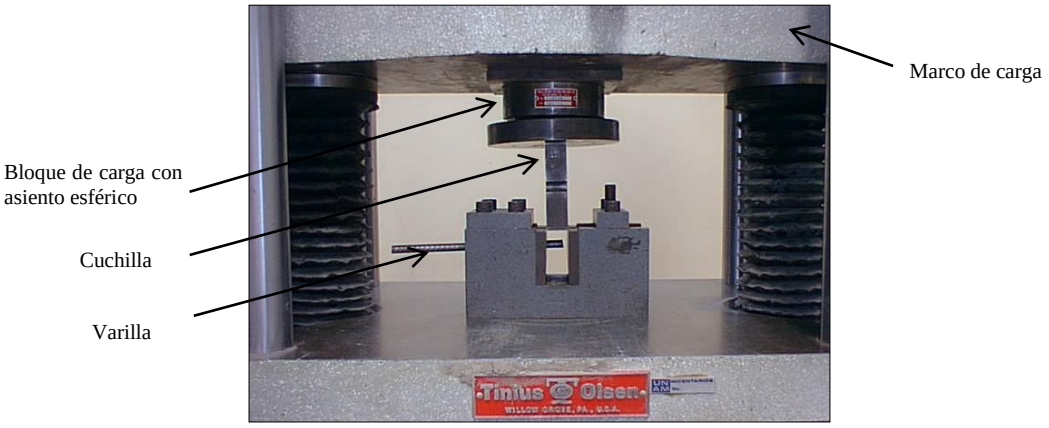


Fig. 2.6

3) En la misma forma proceda a colocar la probeta para producir un corte doble. Observe la Fig. 2.7:

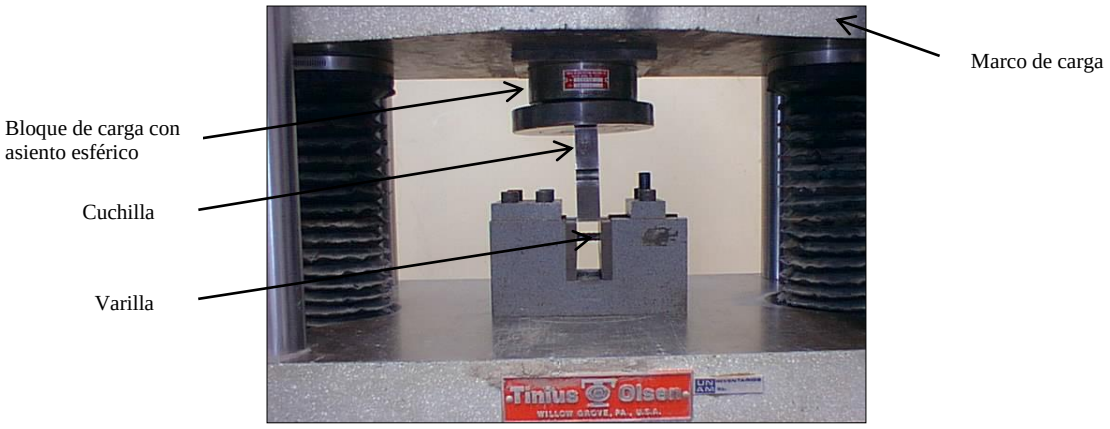


Fig. 2.7

4) Repita los pasos 2 y 3 para los demás especímenes de prueba.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

5 RESULTADOS.

El informe deberá incluir:

a) Resultados de prueba en la tabla siguiente:

Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm^2)	Carga máxima (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm^2)	Tipo de corte	Observaciones

Para el cálculo de los esfuerzos utilice las siguientes ecuaciones:

$$\tau_s = \frac{P}{A}, \ \tau_d = \frac{P}{2A}$$

En donde:

τ_s = Esfuerzo cortante simple en kgf/cm^2.

τ_d = Esfuerzo cortante doble en kgf/cm^2.

P = Carga máxima en kgf.

A = Área de la sección transversal en cm^2.

Cuestionario.

1. ¿Por qué se aplica la prueba de cortante a un acero de refuerzo o a un acero estructural?
2. Dé ejemplos en los que un acero de refuerzo o un acero estructural trabaja al cortante simple.
3. ¿Qué razones hay para aplicar la prueba de cortante doble?
4. Dé ejemplos en los que un acero de refuerzo o un acero estructural trabaja al cortante doble.
5. Cómo se sabe si la prueba fue realizada correctamente analizando la geometría del corte en la probeta al término del ensayo.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

6. Describa tres condiciones que debe tener la herramienta de corte (Cizalla).
7. ¿Por qué en la prueba de esfuerzo al cortante no se hace una gráfica como en la prueba de tensión?
8. ¿En qué casos se aplica la prueba de esfuerzo cortante para materiales frágiles (quebradizos)?
9. ¿Qué defectos de fabricación en el acero de refuerzo o en el acero estructural se pueden detectar al realizar esta prueba?
10. ¿De qué otra forma se puede determinar la resistencia al corte en una barra de acero?

6 CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7 FUENTES DE CONSULTA

Beer Ferdinand P. Johnston E. Russell Jr. DeWolf John T. MECÁNICA DE MATERIALES, 3ª Edición, México, D.F., Mc. GRAW-HILL, Interamericana Editores S.A de C.V. 2004.

Pytel, Andrew. L. y Singer, Ferdinand, RESISTENCIA DE MATERIALES, Introducción a la Mecánica de Sólidos, 4ª Edición, México, D.F., OXFORD, 1999.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 7
PRINCIPIOS DE FOTOELASTICIDAD

1. OBJETIVO

Objetivo general

El alumno comprenderá los conceptos fundamentales de la teoría fotoelástica aplicándolos en la determinación de esfuerzos en un modelo, a partir de diferentes condiciones de carga.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

El nombre de **fotoelasticidad,** refleja la naturaleza de este método experimental que consiste en el análisis de los esfuerzos y deformaciones de los cuerpos elásticos, mediante la utilización de rayos luminosos y técnicas ópticas.

El experimento se basa en la observación del modelo transparente de un elemento estructural, en un campo de luz **polarizada** y la interpretación de los patrones ópticos resultantes para determinar los esfuerzos en el modelo. Muchos materiales trasparentes poseen la propiedad de la **birrefringencia** (que refractan doblemente la luz) de manera temporal. Esto es, que exhiben patrones de ondas coloreadas cuando son sometidos a esfuerzos y observados a través de un **polariscopio.**

En virtud de que las bandas coloreadas, franjas o líneas isocromáticas, pueden ser relacionadas linealmente con el esfuerzo, es factible medir la magnitud de éstos, usando el equipo apropiado (Fig. 10.1).

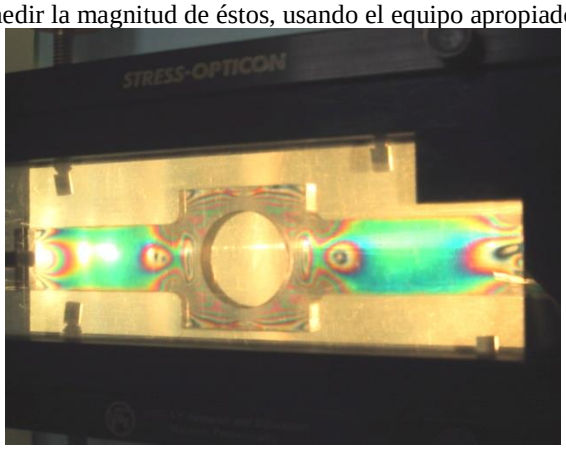


Fig. 10.1

Con los elementos ópticos del **polariscopio** orientados como se ilustra en la fig. 10.2, el modelo es absolutamente transparente cuando se encuentra libre de esfuerzos. Con la aplicación de cargas, aparecerá un patrón de franjas en él conforme se incrementa la carga, se generan nuevas franjas en los puntos que soportan los mayores esfuerzos, desplazando a las iniciales hacia el interior del modelo. El número se franjas se incrementa proporcionalmente con la carga, pero la configuración permanece esencialmente igual.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

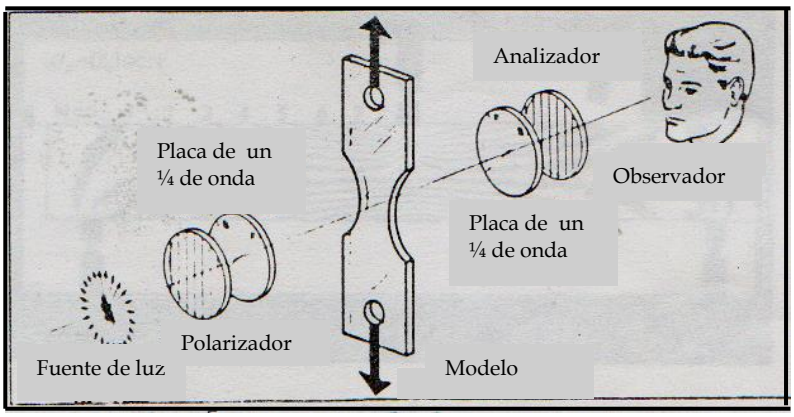


Fig. 10.2

En la práctica, la fotoelasticidad es una técnica experimental empleada para el análisis de esfuerzos y deformaciones que se presentan en piezas con geometría complicada o condiciones de carga complejas. En estos casos los métodos analíticos o de estrictas matemáticas, son extraordinariamente complicados o incluso imposibles y por esto, el estudio debe intentarse por alguno de los métodos experimentales.

El análisis fotoelástico se utiliza también cuando se necesita información sobre los esfuerzos en una zona extensa de una estructura. Proporciona una visión cuantitativa de áreas sometidas a concentración de esfuerzos, tanto en su exterior como en su interior y con frecuencia registra también, áreas de bajos esfuerzos en las que el material podría estar mal aprovechado.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO

Polariscopio fotoelástico. Stress-Opticon (Polariscopio de bolsillo)
Pantalla de proyección.
Retroproyector.
Modelo fabricado de material fotoelástico.
Filtro rojo.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

2017) Coloque el modelo de material fotoelástico dentro del polariscopio y posteriormente sobre el retroproyector (fuente de luz). Observe la Fig. 10.3

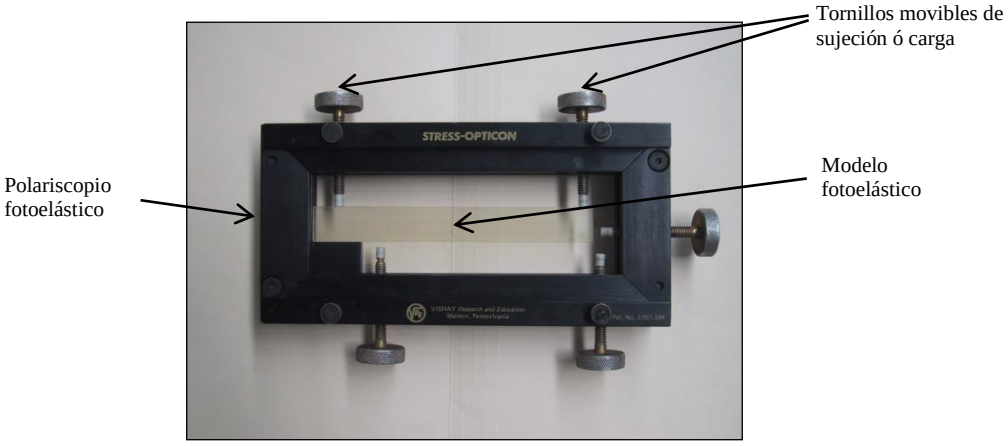


Fig. 10.3

2017) Aplique carga con el (los) tornillo(s) hasta generar un patrón de líneas isocromáticas y luego coloque el filtro rojo sobre el polariscopio (para un correcto conteo de las franjas isocromáticas). Observe las Fig. 10.4 y 10.5

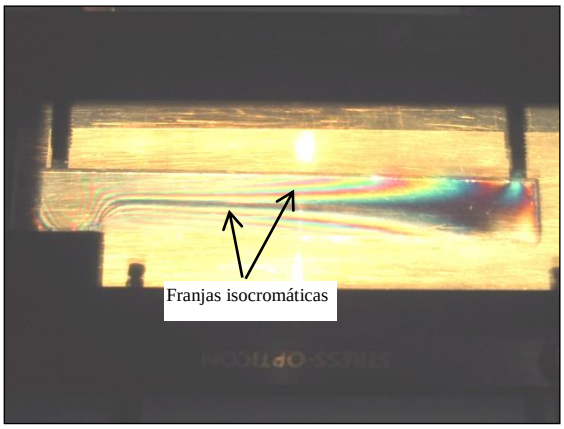


Fig. 10.4

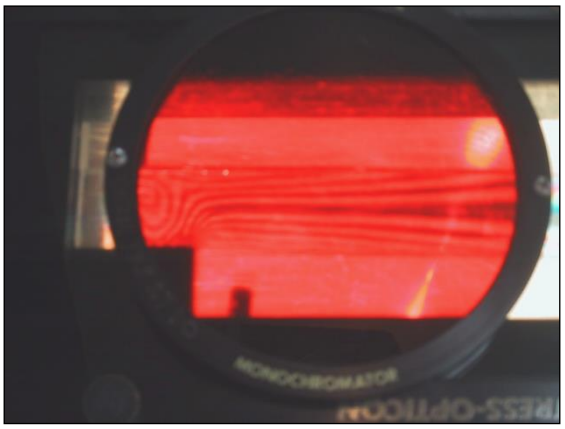


Fig. 10.5

2017) Determine lo siguiente:

3.1) Patrón de franjas a tensión y a compresión (Nt y Nc).

3.2) Diagrama de carga y elementos mecánicos (carga axial y/o momento flexionante).

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3.3) Valor del esfuerzo máximo. Calcule con la siguiente ecuación:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{fN}{t} = 2V_{MAX}$$

En donde:

σ_1 = Esfuerzo en el plano principal en lb / pulg^2.

σ_2 = Esfuerzo en el plano secundario = 0.00

f = Coeficiente de esfuerzo óptico = 40 psia / franja / pulgada.

N = Orden la franja isocromática.

t = Espesor del modelo = 1 / 4 pulgada.

V_{MAX} = Esfuerzo cortante máximo en lb / pulg^2

1) Repita la operación para cada uno de los siguientes casos:

I.- Viga en voladizo con carga en el extremo.
Observe la Fig. 10.6

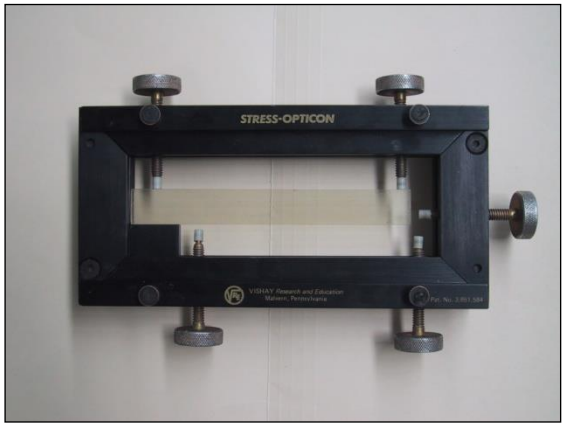


Fig. 10.6

II.- Viga simplemente apoyada con carga al centro del claro.
Observe la Fig. 10.7

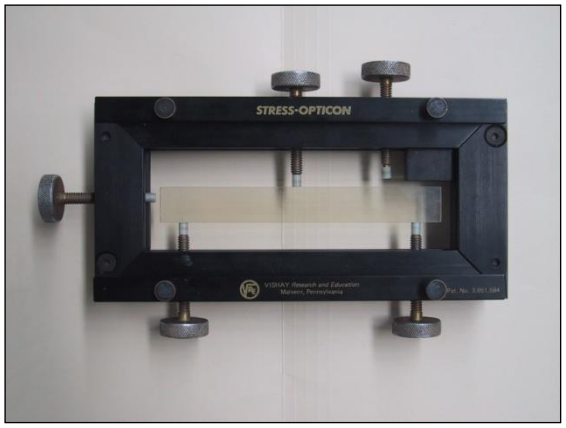


Fig. 10.7

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

III.- Viga con carga a los tercios del claro.
Observe la Fig. 10.8

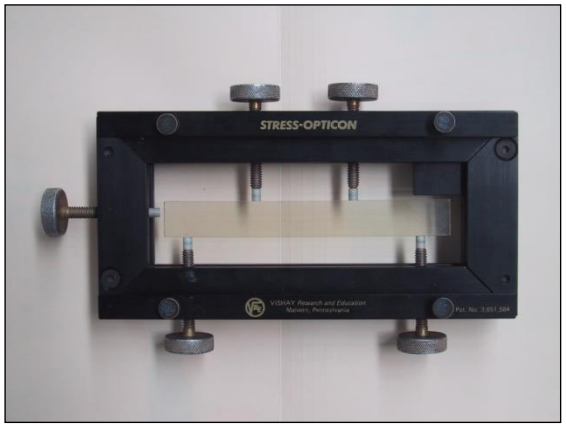


Fig. 10.8

IV.- Columna con carga axial centrada
Observe la Fig. 10.9

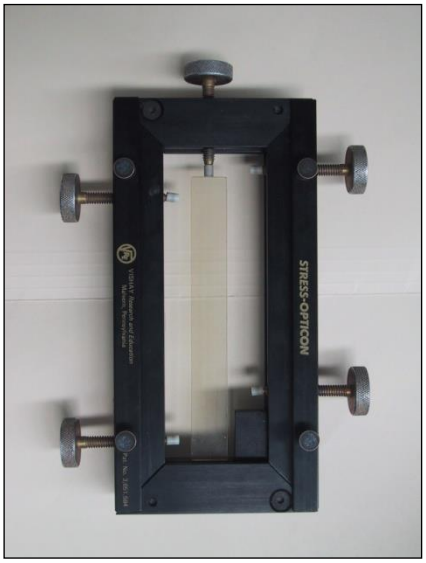


Fig. 10.9

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

V.- Columna con carga axial excéntrica.
Observe la Fig. 10.10

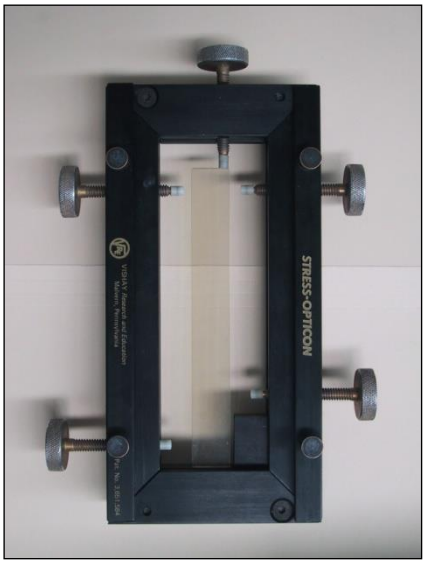


Fig. 10.10

5. RESULTADOS.

2017) Anote los resultados en la tabla siguiente:

Caso	Patrón de franja		Esfuerzo máximo plano principal (lbf/pulg^2)	Esfuerzo cortante máximo (lbf/pulg^2)
	Nc	Nt		
I				
II				
III				
IV				
V				

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

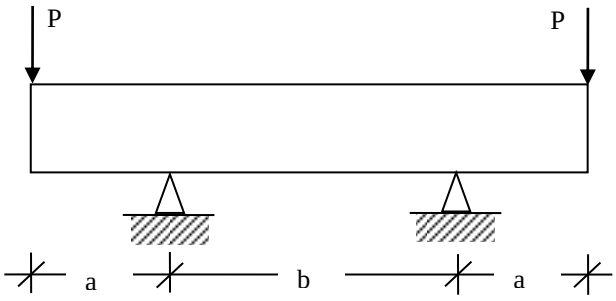
Observaciones	Diagrama de carga	Diagrama de elementos mecánicos

Cuestionario.

1. ¿Qué características debe tener un material para que pueda utilizarse como modelo en una práctica de fotoelasticidad?
2. Describa la propiedad de birrefringencia.
3. Describa en lo esencial un polariscopio circular.
4. ¿Se encuentran patrones de onda coloreados en el modelo transparente cuando no hay carga aplicada en él?
5. ¿Cómo se generan las líneas isocromáticas cuando se somete a una carga al modelo transparente?
6. ¿De qué manera se traduce en el número y distribución de las líneas isocromáticas al aumentar la carga?

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

7. ¿Con sólo ver las líneas isocromáticas y su distribución se puede saber donde hay concentración de esfuerzos? Describa en detalle.
8. ¿Cómo podría aplicar esta técnica al análisis de esfuerzos de un elemento estructural con geometría compleja?
9. Trace aproximadamente un patrón de líneas isocromáticas que represente al elemento estructural sometido a la carga de la figura siguiente:



10. Mencione dos métodos del análisis experimental de esfuerzos distintos al fotoelástico.

6. CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

Tuppeny, W.H. y Kobayashi, A.S., ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE TENSIONES, Bilbao, España, Editorial URMO, 1970.

VISHAY Research and Education, THE STRESS-OPTICON, Vishay intertechnology, Inc., Michigan, U.S.A.

Direcciones electrónicas:

http:/www.vishay.com/brands/measurements_group/guide/pstress, 2003

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 8
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO HIDRÁULICO

1. OBJETIVO

El alumno obtendrá el valor del esfuerzo de ruptura a compresión en especímenes cilíndricos de concreto simple.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

El índice de resistencia más común del concreto, es el obtenido del ensaye de especímenes a **compresión simple.** Es una prueba relativamente sencilla que mide una de las características fundamentales del material y cuyo resultado se correlaciona con propiedades mecánicas importantes como sus módulos elásticos **E** y **G,** así como con la resistencia de elementos estructurales de distintos tipos, sujetos a diversas solicitaciones como **flexión, tensión, cortante y torsión**.

Generalmente se considera a este valor denominado **f´c,** como indicativo de la resistencia del concreto colocado en la estructura, no obstante, esta última puede ser diferente a la de los especímenes de control, ya que el material está sujeto a condiciones de transporte, colocación y curado, no coincidentes con las que se ven sometidos los cilindros en un laboratorio.

No existe una convención por todos aceptada, sobre la forma del espécimen que mejor se adapte para realizar las pruebas de compresión, es así que se usan cubos, prismas y cilindros, siendo éstos los de mayor empleo en diferentes países, con dimensiones de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro.
La masa de estos cilindros, conforme a las Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, depende de si son clase 1(aplicado en estructuras de alta resistencia con valores de f´c igual o mayor a 400 kgf/cm^2) o clase 2 (aplicado en estructuras normales con valores de f´c desde 150 a menos de 400 kgf/cm^2). La masa para el concreto simple en estado fresco clase1 debe ser de 2.2 ton/m^3 y para clase 2 de 1.9 a 2.2 ton/m^3).
En estructuras construidas con concretos masivos, donde se utilizan agregados de gran tamaño, las medidas de los cilindros usados son de 60 o 120 cm por 30 o 60 cm, respectivamente.

Los especímenes por norma (NOM-C-83-1988) se prueban a la edad de 14 días en el caso de concretos de resistencia rápida inicial y de 28 días para resistencia normal. Recientemente se han propuesto procedimientos para obtener índices de resistencia a edades más tempranas, con la finalidad de que en caso necesario, se tomen las medidas correctivas con mayor oportunidad.

Los cilindros se fabrican en moldes metálicos apoyados en una placa en su cara inferior y libres en la superior, donde es necesario dar un acabado manual que deja una superficie rugosa, por lo que se requiere preparar los extremos del espécimen para asegurar que la presión quede uniformemente distribuida y la dirección de la carga paralela al eje del cilindro. A esta operación se le llama **cabeceado**, que consiste en aplicar azufre, mortero de azufre fundido o pasta de cemento para lograr una superficie de apoyo lisa y plana (conforme a la Norma NOM-C-109-1985 la perpendicularidad entre las caras planas y el eje del espécimen cilíndrico no debe apartarse en más de 0.5 grados que corresponde a su vez a no más de 3 mm en 30 cm.).

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Esto conduce a un prolongación del tiempo para ejecutar el ensayo e introduce una variable más a los resultados: el material y forma de cabeceado.

Se calcula la resistencia a la compresión simple del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba, entre el área promedio de la sección transversal.

Las pruebas de resistencia a la compresión del concreto, están sujetas a múltiples factores que afectan los resultados. Aun cuando las especificaciones se sigan con todo cuidado y el proceso se realice por operadores experimentados, los resultados que se obtienen no son uniformes. Siempre existirá dispersión en los datos como en cualquier proceso de medición. Por este motivo no se puede confiar en la resistencia obtenida de un solo cilindro. Para una prueba se necesitan preparar como mínimo dos cilindros estándar de una muestra de concreto.

El resultado de una prueba de varias muestras, que en las obras suelen alcanzar cifras de cientos o miles, es el promedio de las resistencias obtenidas de los especímenes, excepto que si en algunos de ellos se observan deficiencias de muestreo, elaboración, manejo, curado o prueba, no se toman en cuenta y el promedio de las resistencias de los restantes, debe ser considerado como el resultado de la prueba. En la práctica profesional, el tratamiento de los resultados de las resistencias a la compresión del concreto, es eminentemente estadístico, para lo que se requiere al menos del ensaye de 30 cilindros.

El equipo de pruebas ha de ser calibrado al iniciar operaciones por vez primera y posteriormente cada año por el fabricante, por un laboratorio autorizado o por organismos de normalización, certificación y/o acreditación. Esta operación debe efectuarse también cuando se realicen reparaciones o ajustes a los mecanismos de medición del equipo, cada vez que se hagan cambios de sitio o cuando se tenga duda de la exactitud de los resultados.

Los registros de los resultados suelen incluir los siguientes datos del espécimen:
- Clave de identificación, que se le asigna al colarlo.
- Edad nominal en días.
- Diámetro y altura en centímetros con aproximación en milímetros.
- Área de la sección transversal en cm^2 con aproximación de un decimal.
- Masa en kg.
- Carga máxima soportada en kgf o N.
- Resistencia a la compresión, calculada con aproximación de 1 kgf/cm^2 o 100kPa.
- Descripción de la falla.
- Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO.

3.1 Equipo:

Marco de carga.
Bloque de carga con asiento esférico.
Platos metálicos para cabeceo con dispositivo de alineamiento.
Olla para fundir azufre con control de temperatura.
Campana extractora.
Molde de 3 compartimentos cúbicos de 5.0 cm por lado.
Parrilla eléctrica.
Báscula.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Cinta métrica.

3.1 Material:
Especímenes cilíndricos de concreto.
Puzolana o arena fina (Que pase por la malla # 40).
Aceite.
Azufre.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

1) *Cabeceo*.

Esta operación tiene por objeto producir una superficie lisa y perpendicular al eje del cilindro de tal forma que se obtenga una distribución uniforme de la carga aplicada, evitando concentraciones de esfuerzo, diferentes a los obtenidos bajo una condición de carga axial pura. En el laboratorio hay dos opciones de cabeceo: a) Cabeceo con Neopreno y Cabezales de acero ó b) Cabeceo con azufre como se describe a continuación:

1.1) Prepare mortero de azufre para su empleo, calentándolo a una temperatura de 140 $\pm$10 ºC. (Observe la Fig. 7.1) Debe tener cuidado de que la mezcla de azufre esté alejada de cualquier humedad, ya que esta puede producir espuma. El mortero de azufre consiste en una mezcla azufre – puzolana, ó azufre –arena cernida en proporción 2:1 y debe tener una resistencia mínima a la compresión a la edad 2.0 hrs. De 350 kgf/cm^2. Puede utilizarse exclusivamente azufre como material de cabeceo.

Fig. 7.1

Para determinar la resistencia a la compresión del mortero de azufre se procede como a continuación se describe:

Caliente el molde de los tres compartimentos cúbicos de 5.0 cm por lado a una temperatura de 20 a 30 ºC.

1.1.1.2) Cubra con aceite la superficie del molde que va a estar en contacto con el mortero de azufre. Observe la Fig. 7.2

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 7.2

1.1.1.3) Agitándolo constantemente, vacíe el mortero de azufre fundido con una cuchara o aditamento adecuado para el colado en cada uno de los compartimentos hasta que el material fundido llegue a la parte alta del molde. Observe la Fig. 7.3

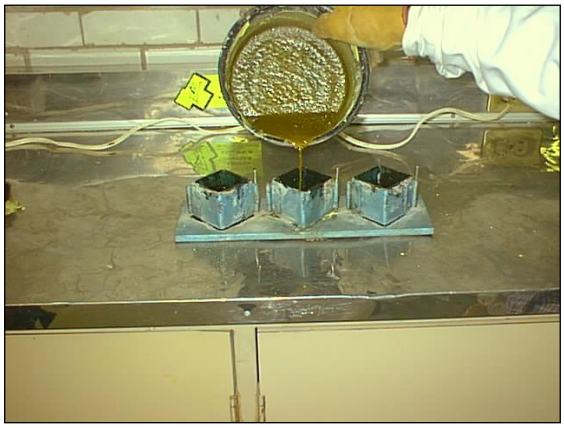


Fig. 7.3

1.1.1.4) Se dejan 15 min para que el mortero de azufre se enfríe y solidifique teniéndose en este momento el máximo de contracción. Pasado dicho tiempo, rellene el volumen contraído con mortero. Observe la Fig. 7.4

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 7.4

1.1.1.5) Después de almacenarlos 2.0 hrs. A temperatura de laboratorio prueben los cubos a compresión aplicando la carga sobre dos de sus caras laterales. Observe la Fig. 7.5

Fig. 7.5

En caso de que no cumpla la resistencia especificada, proceda por tanteos para obtener una mezcla de mortero de azufre que satisfaga dicho requisito.

Proceda al cabeceo de los especímenes de concreto tal como se describe a continuación:

1.2.1) Caliente ligeramente el plato o dispositivo de cabeceo para disminuir la velocidad de endurecimiento, permitiendo así que se formen capas delgadas de mortero.

1.2.2) Engrase ligeramente el plato de cabeceo. Observe la Fig. 7.6

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 7.6

1.2.3) Agite el mortero de azufre fundido y vacíelo en el plato de cabeceo en cantidad suficiente.

1.2.4) Coloque inmediatamente el espécimen cilíndrico, teniendo cuidado de bajarlo a velocidad moderada deslizándolo sobre el dispositivo de alineamiento hasta que asiente en el plato con el mortero de azufre en estado líquido. Permita que enfríe el mortero de azufre y retire el cilindro, para después repetir la operación de vaciado del material de cabeceo en la otra base del cilindro. Observe las Fig. 7.7 a 7.9

Fig. 7.7

Fig. 7.8

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 7.9

2) ***Resistencia a la compresión*****.**

2.1) El ensaye a compresión debe realizarse lo antes posible después de retirar los especímenes de la pileta de inmersión o del cuarto húmedo y una vez que el mortero de azufre haya adquirido la resistencia requerida. Los especímenes deben ser mantenidos de tal forma que no pierdan humedad; esto puede lograrse protegiéndolos con una manta, jerga o material similar húmedo.

2.2) Determine el diámetro y altura del espécimen con una aproximación de 1.0 mm, promediando las medidas de dos diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del espécimen y dos alturas opuestas. Si la relación de esbeltez es menor a 1.8, corrija utilizando la tabla 7.1. Si la relación de esbeltez es mayor a 2.1, el espécimen debe recortarse.

TABLA 7.1

RELACIÓN DE ALTURA/DIÁMETRO DEL ESPÉCIMEN	FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA
2.0	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.0	0.91

2.3) Limpie las superficies de las placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba.

2.4) Coloque el espécimen sobre la placa inferior alineando cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico, mientras la placa superior se baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme. Observe la Fig. 7.10

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

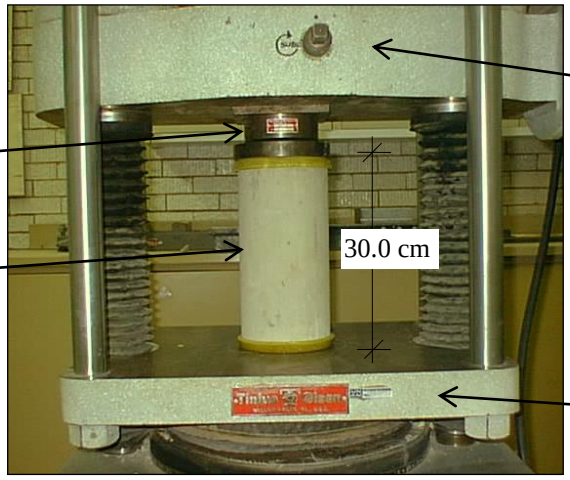


Fig. 7.10

2.5) Aplique carga con una velocidad uniforme y continua, sin producir impactos o pérdidas de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 84 a 210 kgf/cm^2/min. Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada.

2.6) La tolerancia de edad de prueba para especímenes a los 28 días será de ± 24 horas.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

5. RESULTADOS.

El informe deberá incluir los resultados en la siguiente tabla:

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Espécimen 4
Edad (días)				
Diámetro(cm)				
Relación de esbeltez				
Factor de corrección				
Área de la sección(cm^2)				
Masa (kg)				
Carga (kgf)				
f´c (kgf/cm^2)				
Tipo de falla:				
Croquis de la falla:				

Promedio obtenido de los f´c de las muestras analizadas: (kgf /cm^2)

Cuestionario.

1. ¿Cuánto tiempo de curado tuvieron las muestras? Si no cumplieron la norma, ¿de qué manera se puede compensar?
2. ¿Explique en qué consiste el “cabeceo” para una muestra cilíndrica? ¿Por qué se hace?
3. ¿Qué procedimiento se debe cumplir para medir el diámetro y la altura de los cilindros?
4. ¿Cómo se determina la “relación de esbeltez” para una muestra cilíndrica? ¿Se aplicó algún factor de corrección a las muestras?
5. Al aplicar la carga, se debe respetar una velocidad, ¿en qué afecta el no hacerlo?
6. ¿Cómo se determina el esfuerzo a la compresión que resistió el cilindro durante la prueba?
7. ¿Qué característica geométrica debe cumplir la forma en que queda el espécimen después de la prueba? ¿Cumplieron con esta forma las pruebas realizadas?

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

8. ¿Después del rompimiento de la muestra se observan otras características de los materiales y del proceso de colado? ¿Cuáles son?
9. ¿La masa de los cilindros a qué clase de concreto corresponden conforme a las Normas Técnicas complementarias?
10. ¿Qué normas se deben cumplir para esta prueba? ¿Se cumplieron?

6. CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO (ACI-318) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, Vigente.

H. Kosmatka, Steven., C. Panarese William. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1992.

Normas mexicanas:

NMX-C-083-ONNCCE-2014 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO-DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES-MÉTODO DE ENSAYO

NMX-C-109-ONNCCE-2013 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN–CONCRETO HIDRÁULICO–CABECEO DE ESPECÍMENES

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 9
RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN CONCRETO HIDRÁULICO

1. OBJETIVOS

Objetivo general

El alumno determinará el máximo esfuerzo a tensión en concreto simple por ensayes indirectos, relacionándolo con su resistencia a la compresión.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Es complicado encontrar una forma simple para la determinación de la resistencia a **tensión** axial de manera **directa**. Siendo el concreto un material frágil, se requiere que la sección transversal de la muestra cilíndrica varíe gradualmente, de mayor en los extremos a menor en el centro, para reducir la probabilidad de falla por concentración de esfuerzos ya que la prueba se efectúa adhiriendo unas placas metálicas con resina en los cabezales del espécimen y atornillándolas a los dispositivos del marco de carga. Estos ensayes necesitan realizarse con sumo cuidado para que arrojen resultados confiables.
Para valores bajos de $f'c$ (del orden de 100 a 150 kgf/cm^2) la resistencia a la tensión se sitúa en 0.10 $f'c$, en tanto que para valores altos (mayores a 400 kgf/cm^2), la equivalencia se reduce a 0.07 $f'c$.

A mediados del siglo pasado, dos investigadores, uno en Brasil y otro en Japón, idearon un procedimiento para ensayar especímenes de concreto a tensión indirecta mejor conocido como **prueba brasileña o prueba de compresión diametral,** consistente en someter a un cilindro a compresión lineal diametral como se ilustra en la Fig. 8.1 empleando como calzas unas tiras de material suave como triplay o corcho.

Si el concreto fuera perfectamente elástico, se originarían esfuerzos de **tensión** uniformemente distribuidos en aproximadamente 5/6 del plano diametral de carga como se muestra en la Fig. 8.2.

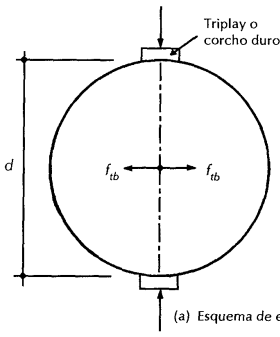


Fig. 8.1

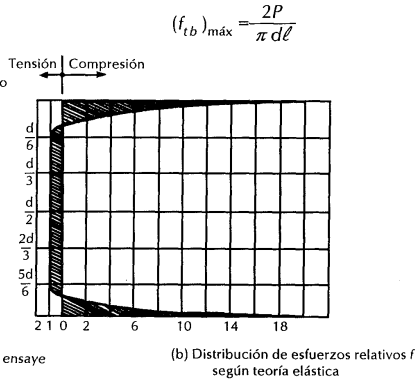


Fig. 8.2

Debido a que el concreto no es un material elástico, los valores de tensión así obtenidos no son del todo precisos, sin embargo lo que se busca es una medida de la resistencia del concreto a **tensión** usando un

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

procedimiento fácil y reproducible por los laboratoristas de todo el mundo y esto se logra satisfactoriamente con el ensaye brasileño.

La relación entre las resistencias a compresión y la de tensión calculada con la prueba brasileña, en concretos fabricados con agregados extraídos de bancos de la Ciudad de México, puede expresarse como $ft_b = 1.5\sqrt{f'c}$ para concretos clase 1 y $ft_b = 1.2\sqrt{f'c}$ para concretos clase 2.

El conocimiento de la resistencia a **tensión** del concreto tiene importancia para el diseño de estructuras en tensión diagonal y para otras situaciones donde la tensión es el fenómeno predominante.

La resistencia a **flexión** se determina ensayando muestras prismáticas libremente apoyadas, sujetas a cargas concentradas, aplicadas en el centro o a los tercios del claro y la falla se produce bruscamente con la formación de una grieta única que fractura al espécimen.

El esfuerzo teórico a tensión que se origina en el paño inferior y que conduce a la falla, corresponde al calculado con la ecuación de la escuadría $fr = Mc/I$, en donde *fr* se conoce como **módulo de ruptura.**

Al aplicar este procedimiento se supone que el material se comporta elásticamente hasta la falla, suposición que no es correcta al menos para toda la escala de cargas. La prueba proporciona una medición **directa** de la resistencia del concreto a la **tensión producida por flexión**. Generalmente el **módulo de ruptura** es mayor que la resistencia a la tensión obtenida mediante el ensaye brasileño.

A través de numerosas pruebas se ha concluido que este módulo**,** depende de la resistencia a compresión, de la relación peralte/claro y de las condiciones de curado. En virtud de que las deformaciones por flexión son difíciles de medir en estos especímenes, no existen informes experimentales del comportamiento esfuerzo – deformación.

El **módulo de ruptura** como medida de la resistencia por flexión, tiene el inconveniente de que los puntos de esfuerzo máximo a tensión, se localizan en la cara externa del prisma, que está expuesta a las contracciones ocasionadas por el medio ambiente. Por esta razón, los resultados son más dispersos que los arrojados por la prueba brasileña y éstos a su vez tienen mayor dispersión que los obtenidos en pruebas a compresión.

Es complicado establecer relaciones de *fr* con *f´c***,** que podría ser de utilidad, ya que en mucho depende del tipo de concreto, sin embargo, el Instituto Americano del Concreto (ACI por sus siglas en inglés), recomienda la siguiente expresión para determinar la resistencia a la flexión en términos de la correspondiente a compresión: $fr = gr\sqrt{wc\ f'c}$ en donde *wc* es el peso volumétrico de concreto en kgf/m^3 y *gr* es un factor situado entre 0.04 y 0.07, dependiendo de la clase de concreto. Un valor usual aproximado es $fr = 2\sqrt{f'c}$.

En algunas aplicaciones como en pavimentos de concreto, se hace necesario conocer con aproximación, la resistencia a la flexión en concreto simple.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

3. EQUIPO REQUERIDO.

3.1 Equipo:

Marco de carga.
Bloque de carga con asiento esférico.
Placa de carga suplementaria.
Dispositivo para marcar diametralmente los especímenes.
Dispositivos de aplicación de carga al centro y a los tercios del claro.
Marcador o lápiz.

3.2 Material:

Especímenes cilíndricos de concreto.
Vigas de concreto (de 15x15x60 cm).
Tiras de triplay de 3 mm de espesor, 25 mm de ancho y una longitud igual o mayor que el espécimen.
Cinta adhesiva.
Marcador o lápiz.

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

Tensión por compresión diametral (prueba brasileña):

2) *PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN.*

Marque cada extremo del espécimen con una línea diametral; esto se realiza utilizando el dispositivo para tal efecto, asegurándose de que dichas marcas se encuentren en el mismo plano diametral.

3) *PROCEDIMIENTO.*

2.1) Determine el diámetro del espécimen de prueba (Promedio de tres diámetros, es decir, al centro y a los extremos, en el mismo plano de la marca diametral).

2.2) Determine la longitud del espécimen (Promedio de las longitudes en los extremos de las marcas).

2.3) Centrado:

2.3.1) Centre una de las tiras de carga sobre la platina inferior del marco de carga. Si es necesario utilice cinta adhesiva para que se mantenga en su sitio. Observe la Fig. 8.3

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

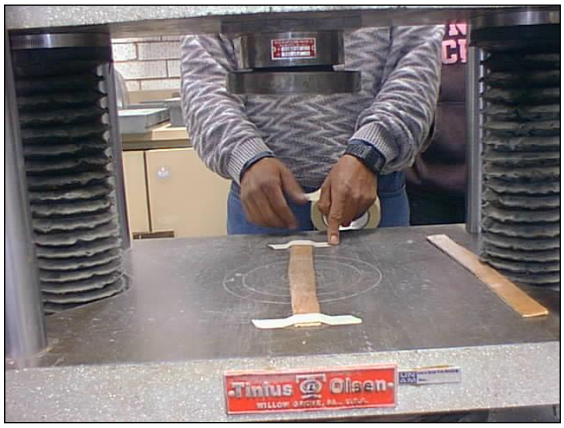


Fig. 8.3

2.3.2) Coloque el espécimen sobre la tira de madera de tal forma que las marcas del cilindro estén verticales y centradas con relación a la tira. Observe la Fig. 8.4

Fig. 8.4

2.3.3) Coloque la segunda tira de carga longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo con relación a las marcas del mismo. Observe la Fig. 8.5

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 8.5

2.3.4) Coloque la placa de carga suplementaria sobre la segunda tira y acerque la placa de carga con asiento esférico en forma lenta, hasta que se asegure un contacto suave y uniforme. Verifique las condiciones de centrado y alineamiento, si son estas satisfactorias continúe con el procedimiento, si no, corrija donde sea necesario. Observe la Fig.8.6:

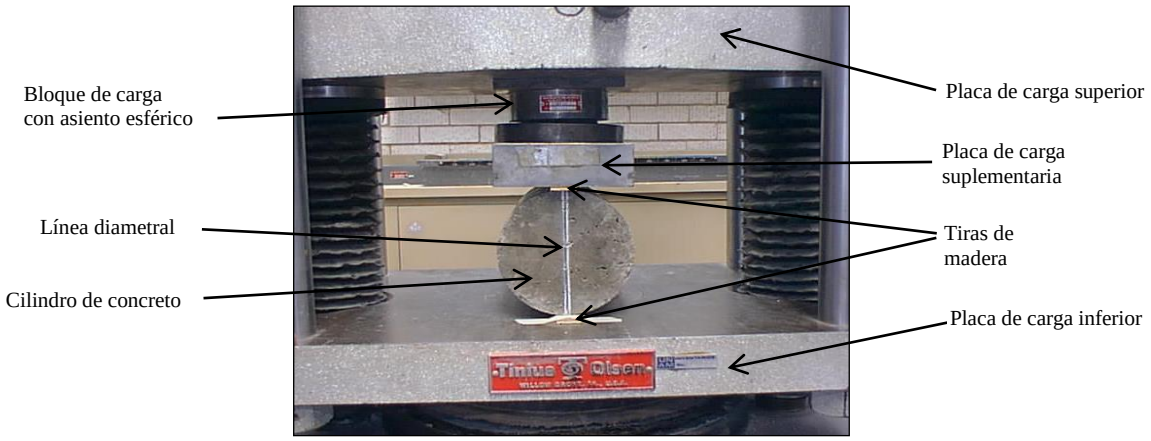


Fig. 8.6

2.3.5) Aplique la carga en forma continua y sin impacto a una velocidad constante de tal manera que se logren esfuerzos de tensión por compresión diametral de 5 a 15 kgf/cm^2/min hasta la falla (Aprox. De 3,467 a 10, 605 kgf por minuto).

Tensión por flexión:

1) *PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN.*

1.1) Marcado. Ponga marcas en las caras laterales del espécimen (respecto a la posición de moldeado), de tal forma que la distancia comprendida entre dos marcas del mismo costado sea 3 veces el peralte de la viga. Marque la cara que vaya a recibir el dispositivo superior de carga de tal forma que dicha marca facilite la colocación y el centrado posterior del espécimen.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

2) *PROCEDIMIENTO.*

2.1) Determine la base, peralte, y longitud de cada uno (Valores promedio).

2.2) Coloque el espécimen sobre los apoyos de tal forma que estos se encuentren a una distancia de 3 veces el peralte de la viga, tal como se indica en el inciso 1.1. Debe garantizarse que el espécimen se encuentre debidamente centrado. Observe la Fig. 8.7

Fig. 8.7

Fig. 8.8

2.3) El dispositivo superior de aplicación de carga (para carga al centro o a los tercios del claro), debe ponerse en contacto con la superficie del espécimen centrado respecto a los apoyos. Observe las Fig. 8.9 y 8.10:

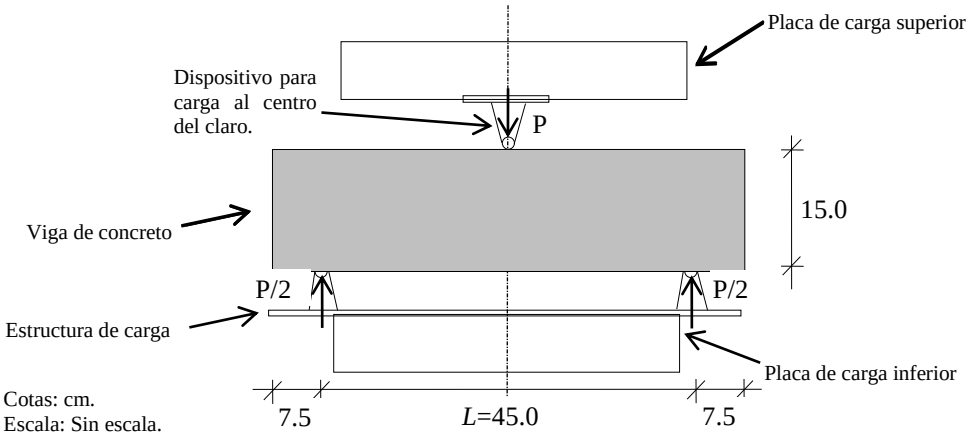


Fig. 8.9

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

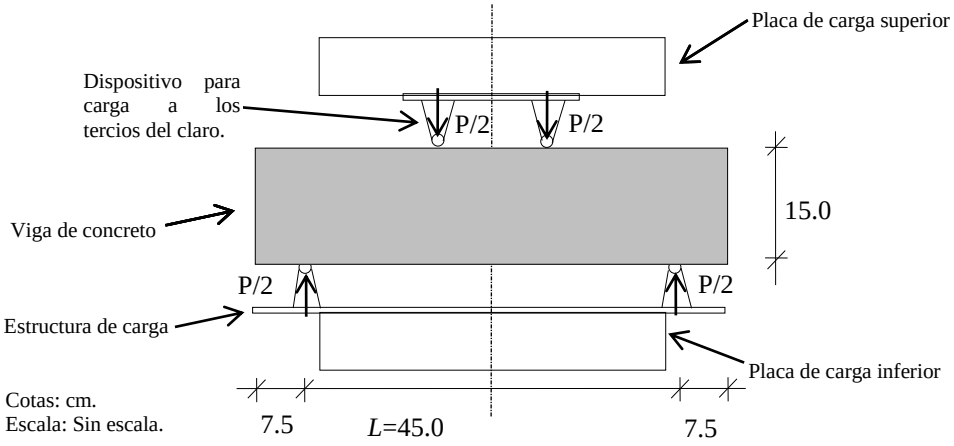


Fig. 8.10

2.5) Aplique carga a una velocidad uniforme y continua, tal que el aumento de esfuerzo de las fibras extremas no exceda de 10 kgf/cm^2/min, permitiéndose una velocidad mayor antes del 50% de la carga de ruptura.

5. RESULTADOS.

El informe deberá incluir:

La resistencia a la tensión por compresión diametral se determinará con la siguiente ecuación:

$$ft_b = \frac{2P}{\pi LD}$$

En donde:

ft_b = Resistencia a la tensión por compresión diámetral en kgf/cm^2.

P = Carga máxima aplicada en kgf.

L = Longitud promedio en cm.

D = Diámetro promedio en cm.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

La resistencia a la flexión o módulo de ruptura se determinará con las siguientes ecuaciones:

$$fr = \frac{3}{2}\frac{PL}{BD^2} \text{ (Con carga al centro del claro).}$$

$$fr = \frac{PL}{BD^2} \text{ (Con carga a los tercios del claro si la falla ocurre en el tercio medio).}$$

$$fr = 3\frac{Pa}{BD^2} \text{ (Con carga a los tercios del claro si la falla ocurre fuera del tercio medio en no más del 5% de su longitud, en caso contrario se desechala prueba).}$$

En donde:

fr = Resistencia a la flexión o módulo de ruptura en kgf/cm^2.

P = Carga máxima aplicada en kgf.

L = Distancia entre apoyos en cm.

B = Ancho promedio del espécimen en cm.

D = Peralte promedio del espécimen en cm.

a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de la viga en cm.

Resultados en las siguientes tablas:

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

TENSIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL:

No espécimen	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kgf)	ft_b (kgf/cm^2)

Observaciones

Tipo de falla			
Croquis de falla			

TENSIÓN POR FLEXIÓN:

No espécimen	Edad (días)	Longitud (cm)	Base (cm)	Peralte (cm)	Claro (cm)

Carga (kgf)	fr (kgf/cm^2)	Observaciones

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Tipo de falla			
Croquis de falla			

Cuestionario.

1. Hay dos procedimientos para realizar la prueba de tensión en concreto hidráulico simple ¿Cuáles son?
2. ¿Cómo se asegura que la carga al cilindro es uniforme en su aplicación?
3. ¿Cómo se determina el valor del esfuerzo a la tensión que debe soportar el cilindro?
4. ¿Cómo se determina el valor del esfuerzo a la tensión que debe soportar la viga?
5. Al aplicar la carga, se debe respetar una velocidad, ¿en qué afecta el no hacerlo?
6. ¿Qué característica geométrica debe cumplir la forma en que queda el espécimen después de la prueba? ¿Cumplieron con esta forma las pruebas realizadas tanto en cilindros como en vigas?
7. Después de la fractura de las muestras se observan otras características de los materiales y del proceso de colado ¿Cuáles son y cómo resultaron las muestras analizadas?
8. ¿Qué Normas se deben cumplir para esta prueba? ¿Se cumplieron estas normas durante la práctica de laboratorio?
9. ¿Qué relación existe entre la resistencia a la tensión por compresión diametral respecto a la resistencia a la compresión en concreto hidráulico?
10. ¿Existe diferencia entre los valores promedio obtenidos de resistencia a la tensión indirecta por compresión diametral y el de por flexión? Explique el por qué.

6. CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

H. Kosmatka, Steven., C. Panarese William. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1992.

Reglamento de Construcciones para el D.F., Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Vigentes, México, 2004

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Normas mexicanas:

NMX-C-163-1997-ONNCCE Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral de Cilindros de Concreto

NMX-C-191-ONNCCE-2004 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO-DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS DEL CLARO.

NMX-C-303-ONNCCE-2010 INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-CONCRETO HIDRAULICO-DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION USANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN EL CENTRO DEL CLARO

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

SESIÓN PRÁCTICA No. 10
DEFORMACIÓN POR FLEXIÓN EN VIGAS DE ACERO ESTRUCTURAL

1. OBJETIVOS

El alumno comparará la máxima deformación elástica calculada contra la obtenida en un espécimen de acero estructural.

2. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

Los avances recientes en los métodos de análisis y diseño y el desarrollo de nuevos aceros de alta resistencia, permiten obtener elementos esbeltos y estructuras flexibles donde las deflexiones cobran significancia.

El cálculo de deflexiones encierra dos aspectos importantes:
a) Es necesario calcularlas en miembros estructurales sujetos a cargas y condiciones ambientales conocidas y
b) Limitar sus magnitudes a niveles aceptables.

Hasta el momento, el problema ha sido estudiado en forma **determinística,** en tanto que en la realidad es de naturaleza **probabilística,** ya que los resultados en vigas teóricamente iguales, se presentan valores dispersos. La posibilidad de calcular deflexiones en estructuras reales es más difícil que hacerlo en especímenes de laboratorio porque es complicado predecir las condiciones ambientales y la duración de las cargas en el transcurso de su vida útil, lo que influye de manera importante en las deflexiones a largo plazo; de la misma forma, es complejo determinar la interacción entre los miembros estructurales y no estructurales de una edificación.

Limitar las deflexiones tiene a su vez dos objetivos: por una parte, se trata evitar que sean excesivos en un determinado elemento estructural para reducir daños en otros no estructurales como muros divisorios, cancelería y acabados; y por otra, minimizar en lo posible la sensación de **inseguridad** que producen las deformaciones visibles en los usuarios y por cuestiones de orden estético (Fig. 9.1 y 9.2)

El establecimiento de **limitantes aceptables** para las deflexiones, ha recibido escasa atención de parte de los investigadores; ciertas reglas empíricas las determinan como una **fracción del claro** del elemento estructural en estudio.
Es evidente que pueden aceptarse mayores tolerancias en la variación de las deflexiones en la estructura de una bodega que en la de una residencia. La alternativa de proporcionar **contraflechas,** es un factor que puede tomarse en cuenta para establecer las **deflexiones permisibles**, aunque es recomendable no abusar en sus magnitudes. El valor de la contraflecha puede restarse de la flecha calculada y la diferencia se compara con la **deflexión permisible** para saber si el elemento se encuentra dentro o fuera de las tolerancias por flechamiento.

Todas estas consideraciones se refieren a cargas de servicio, las deflexiones en el momento del **colapso,** son interesantes para conocer la capacidad de las estructuras hiperestáticas para absorber energía, pero requieren de un tratamiento más avanzado.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 9.1

Fig. 9.2

3. EQUIPO Y MATERIAL REQUERIDO.

3.1 Equipo:

Marco de carga.
Dispositivos de aplicación de carga para la prueba de flexión (apoyos y cabezal de carga al centro del claro).
Extensómetro
Micrómetro.
Cinta métrica.
Calibrador.
Marcador.

3.2 Material:

Perfil de acero estructural (se recomienda una longitud mínima de 1.0 m, un peralte entre 50 y 150 mm aproximadamente y que el perfil sea simétrico con respecto al plano de aplicación de la carga (por ejemplo diferente a un ángulo estructural, o a un montén).

4. DESARROLLO DE LA SESIÓN PRÁCTICA.

1) Preparación del espécimen.

1.1) Mida todas las dimensiones de los especímenes de prueba (Longitud, base, altura, espesores, etc.). Anote todas las medidas en cm.

Ponga marcas al centro y en los extremos del espécimen de tal forma que indiquen su colocación final al momento de aplicar la carga.

2) C*álculo de la deflexión.*

2.1) Calcule mediante la siguiente ecuación la máxima carga "*P*" que puede soportar la viga sin sufrir deformaciones plásticas o permanentes, empleando la siguiente ecuación:

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

$$P = \frac{4\sigma_y I_x}{cL}$$

En donde:

P = Carga máxima esperada en kgf.

σ_y = Esfuerzo de fluencia en kgf/cm^2. (*)

I_x = Inercia de la sección en cm^4.(**)

c = Medio peralte en cm.

L = Longitud entre apoyos en cm.

2.2) Calcule "*Ymáx*" para la "*P*" calculada.

$$Ymáx = \frac{PL^3}{48EI_x}$$

En donde:

Y max = Deflexión elástica máxima en cm.

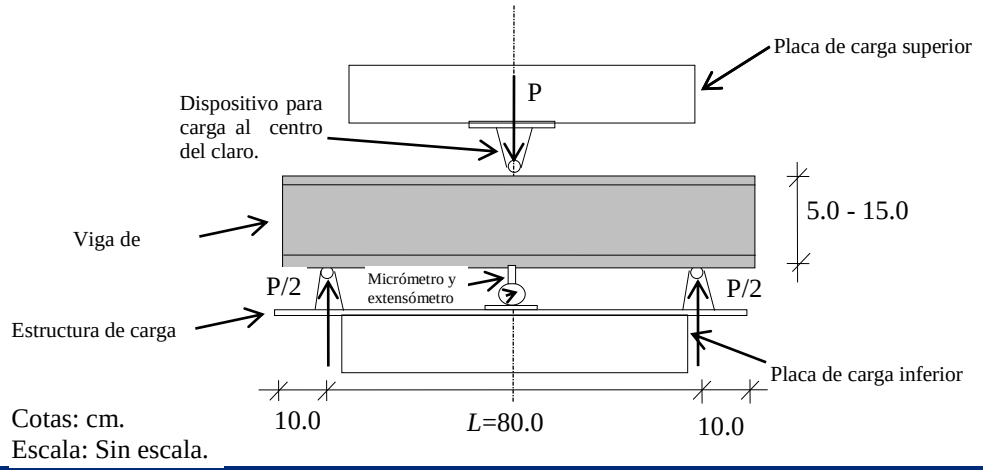
E = Módulo elástico del material en kgf/cm^2. (***)

2.3) Coloque el espécimen en los apoyos y los dispositivos para la medición de deformaciones. Aplique ciclos de carga y descarga para valores constantes y menores que "P" y anote la deflexión obtenida en cada ciclo. Observe las Fig. 9.3 a 9.5.

(*) Es importante tener la información del tipo de acero estructural utilizado, el más común es el acero A-36, con un σ_y = 2530 kgf/cm^2.

(**) Tome el valor directamente del catálogo de perfiles del fabricante, si esto es posible.

(***) Un valor típico del módulo elástico del acero estructural es $E = 2.039 \times 10^6$ kgf/cm^2.



Cotas: cm.
Escala: Sin escala.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

Fig. 9.3

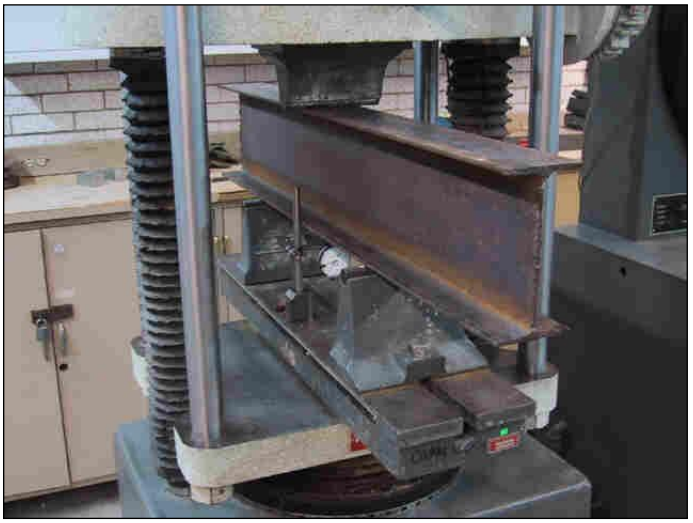


Fig. 9.4

Fig. 9.5

2.4) Cada vez que descargue el espécimen observe su recuperación. Verifique en cada ciclo si ha sufrido o no deformaciones plásticas o permanentes. Anote el valor de deformación obtenido.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

2.5) Ya que ubique el valor de carga en el cual se tienen deformaciones plásticas, continúe con el procedimiento de carga y descarga pero ahora a múltiplos de deflexión, esto hasta que el material sufra deformación plástica total y no tenga recuperación alguna. Registre en cada ciclo la deformación obtenida.

5. RESULTADOS.

2017) Anote sus resultados la siguiente tabla:

Carga (kgf)	**Deflexión (dentro del límite elástico) (mm)**	**Deformaciones plásticas (mm)**

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

CUESTIONARIO.

1. Dé ejemplos de aplicación de vigas de acero estructural.
2. ¿Por qué se aplica la prueba de flexión a una viga de acero estructural?
3. ¿Por qué es importante el tipo de perfil o sección transversal de una viga sometida a flexión? Explique con algún ejemplo.
4. ¿Cómo se determina el valor de la carga máxima que debe soportar una viga sin deformación permanente?
5. ¿Cómo se determina el valor de la deflexión elástica máxima que debe soportar una viga sin deformación permanente?
6. Describa dos condiciones que deban tener los accesorios de carga y apoyo para que sea correctamente hecha la prueba de deflexión.
7. ¿Qué defectos de fabricación en el acero estructural se pueden detectar al realizar esta prueba?
8. Al aplicar la carga, se debe respetar una velocidad, ¿en qué afecta el no hacerlo?
9. ¿Qué aspectos de las propiedades mecánicas de la sección pueden afectar en la realización de la prueba?
10. ¿Hubo coincidencia en los valores de carga y deflexión calculados con los obtenidos experimentalmente? ¿Por qué?

b) Elabore una gráfica – Carga vs Deflexión – en la que figuren los valores de "*P*" y "*Ymax*".

6. CONCLUSIONES.

Las propias de esta sesión práctica tanto personales como las realizadas en clase.

7. FUENTES DE CONSULTA

Beer Ferdinand P. Johnston E. Russell Jr. DeWolf John T. MECÁNICA DE MATERIALES, 3ª Edición, México, D.F., Mc. GRAW-HILL, Interamericana Editores S.A de C.V. 2004.

Pytel, Andrew. L. Singer, Ferdinand, RESISTENCIA DE MATERIALES, Introducción a la Mecánica de Sólidos, 4ª Edición, México, D.F., OXFORD, 1999.

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

II. HISTORIAL DE CAMBIOS

Revisión	Ubicación de la modificación	Descripción de la modificación	Fecha de la modificación
0	Todas	Nuevo	2013.10.24
1	Portada	Actualización de Responsable de Gestión de la Calidad	2016.08.19
2	Bibliografía de todas las prácticas	Se actualizaron las versiones de las normas NMX	2017.08.18
	Sesión Práctica No. 7, 4. Desarrollo de la Sesión Práctica., 1) Cabeceo.	Se anexó el texto "En el laboratorio hay dos opciones de cabeceo: a) Cabeceo con Neopreno y Cabezales de acero ó b) Cabeceo con azufre como se describe a continuación:"	2017.08.18
	Portada	Actualización del Representante de la Dirección.	2017.08.18
3	Todas	Se asignó un nuevo orden a las prácticas.	2018.02.06
4	Formato	Por ampliación de alcance se renombra FESA PIC I09 por FESA PAL IIC MM.	2022.08.22

III. HISTORIAL DE REVISIONES

Fecha de revisión	Responsable de realizar la revisión	Próxima fecha de revisión
2015.01.31	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2016.01.31
2016.01.12	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2017.01.31
2016.08.19	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2017.08.19
2017.08.18	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2018.08.18
2018.08.20	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2019.08.20
2019.08.02	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2020.08.04
2020.08.04	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2021.08.03
2021.08.02	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2022.08.02
2022.04.01	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2023.04.04

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.

2023.04.11	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2024.04.11

Este documento es propiedad del Sistema de Gestión de la Calidad de los Talleres y Laboratorios de Licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización correspondiente.