



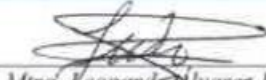


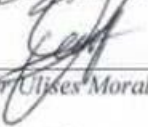

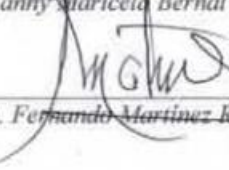
Facultad de Estudios Superiores

# Acatlán

## TALLERES Y LABORATORIOS DE LICENCIATURA

### PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

# MANUAL DE PRÁCTICAS LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES FESA PAL IIC DE

ELABORÓ:	PROFESOR	 Mtro. Leonardo Álvarez León
		 Ing. Manuel Gómez Gutiérrez
REVISIÓN TÉCNICA:	JEFE DE SECCIÓN	 Ing. Cristian José Castro Santiago
	COORDINADOR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	 Ing. Omar Ulises 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

Ac

Fecha de Emisión: 2024.02.01

## CONTENIDO

Número de sesión práctica	Nombre	Página
1	Losas de concreto perimetralmente apoyadas	3
2	Flexión de vigas de concreto reforzado	6
3	Cortante en vigas de concreto reforzado	14
4	Flexocompresión en columnas cortas de concreto reforzado	20
5	Compresión en muros de tabique	28
6	Compresión en columnas esbeltas de madera	34

## SESIÓN PRÁCTICA NO. 1

### LOSAS DE CONCRETO PERIMETRALMENTE APOYADAS

#### 1. Objetivo

El alumno elaborará modelos físicos de losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas.

#### 2. Antecedentes teóricos:

2022) Losas macizas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas.

- a.1) Definición.
- a.2) Comportamiento y modos de falla.
- a.3) Definición de condiciones de frontera de los tableros, franjas centrales y de borde.
- a.2) Dimensionamiento. Método de los coeficientes de momentos y sus limitaciones.

#### 3. Equipo y material requerido:

2022.08 **Equipo**

Pinzas.  
Pinzas de corte.  
Segueta ó serrucho.  
Flexómetro.  
Escuadra metálica.  
Plumón o marcador.  
Equipo de dibujo.  
Charola.  
Cucharón.  
Cuchara de albañil.

2022.08 **Material:**

Alambre de hierro galvanizado de distintos diámetros ( A escala del refuerzo, tanto longitudinal como para los amarres ).  
Tabla de triplay delgado.  
Cemento.  
Arena cernida.  
Agua.  
Papel albanene.

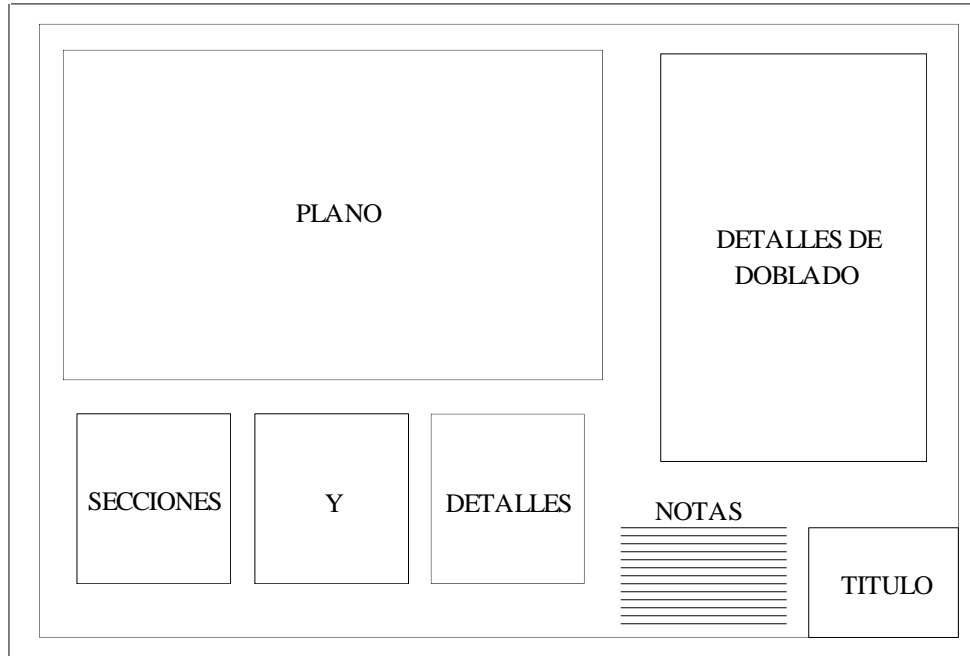
#### 4. Desarrollo de la sesión práctica:

- 1) Defina la planta arquitectónica de la losa sobre la cual elaborará su modelo, considerando al menos tres tableros de los siguientes tipos: De esquina, de borde e interior. La estructura podrá ser a base de muros de cara o vigas y columnas.
- 2) Determine el espesor y el refuerzo de la losa. Considere para sus cálculos un  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- 3) Elabore el plano estructural a escala 1:50, en donde se observe detallado el acero de refuerzo ( Columpios, bastones, dobleces, etc. ) tanto en planta como en sección transversal y longitudinal. Se recomienda la siguiente distribución del plano:

4 cm

2 cm

2 cm



4) Elabore su modelo en base al plano realizado y a una escala conveniente ( se recomienda una escala de 1:10 a 1:20 ).

## 5. Resultados

Deberá entregar:

2022) Memoria de cálculo del diseño de la losa, misma que incluya la determinación de las cargas, las ecuaciones empleadas, los cálculos realizados, etc.

b) Plano estructural escala 1:50.

c) Modelo a escala de la losa.

## 6. Conclusiones:

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



**TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

---

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

**7. Bibliografía:**

Gonzalez Cuevas, Oscar. Robles Fernandez-Villegas. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO. 3ª Edición. México, D.F., Limusa, 1994.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Reglamento de Construcciones del D.F. 1993.

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO ( ACI-318 ) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, 1991.

Concrete Reinforcing Steel Institute. MANUAL PARA HABILITAR ACERO DE REFUERZO PARA EL CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1994.

## SESIÓN PRÁCTICA No. 2

### FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO REFORZADO

#### 1. Objetivo

El alumno determinará las propiedades mecánicas de una viga de concreto simplemente armada al ser sometida a cargas transversales hasta la ruptura.

#### 2. Antecedentes teóricos

- a) Concreto, características y propiedades.
- b) Acero de refuerzo, características y propiedades.
- c) Flexión en concreto reforzado. ( Para vigas simplemente reforzadas )
  - c.1) Hipótesis generales
  - c.2) Hipótesis del ACI-318.
  - c.3) Hipótesis de las N.T.C. para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del R.C.D.F.
  - c.4) Tipos de falla.
    - Dúctil.
    - Frágil.
    - Balanceada.

#### 3. Equipo y material requerido:

2022.08 **Equipo:**  
*ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES:*

Moldes prismáticos ( 15 x 15 x 60 cm ).  
Moldes cilíndricos ( 15 cm  $\phi$  x 30 cm altura )  
Pala.  
Charola o artesa.  
Varilla lisa de 15.9 mm. De diámetro y 60.0 cm de longitud con punta semiesférica.  
Vibrador.  
Revolvedora de concreto.  
Cono para prueba de revenimiento.  
Botes o cubetas.  
Cuchara de albañil.  
Cucharón.  
Flexómetro.  
Amarrador.  
Cizalla.  
Tubo.  
Grifa.  
Maceta.  
Pinzas.  
Dispositivos para doblado.

**PRUEBA:**

Marco de carga.  
Dispositivos para la prueba de flexión.  
Tiza o marcador.  
Báscula.  
Flexómetro.  
Bloque de carga con asiento esférico.  
Platos metálicos para cabeceo con dispositivo de alineamiento.  
Recipiente para fundir azufre.  
Parrilla eléctrica.

**3.2 Material:**

**ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.**

Cemento.  
Grava.  
Arena.  
Agua.  
Aceite mineral.  
Acero de refuerzo del # 3.  
Acero de refuerzo del # 2 ( alambión ).  
Alambre recocido.  
Cartón delgado y resistente al agua.

**PRUEBA:**

Vigas de concreto simplemente reforzado de 15 x 15 x 60 cm.  
Especímenes cilíndricos de concreto.  
Azufre.  
Puzolana o arena fina ( Que pase por la malla # 40 ).  
Aceite.

**4 Desarrollo de la sesión práctica:**

**Elaboración de especímenes**

2022) Diseña una mezcla de concreto hidráulico para una resistencia determinada y adecuada para la prueba (Se requiere previa determinación del tamaño máximo de agregado grueso, módulo de finura de la arena, densidad, peso volumétrico suelto y compactado, absorción y contenido de humedad de los agregados ) calculando el volumen necesario de mezcla y en consecuencia, las cantidades necesarias de sus elementos constitutivos (Cemento, agregados, agua). Puede auxiliarse del método de diseño presentado en la sesión práctica # 5 del laboratorio de Resistencia de Materiales I, titulada “ Proporcionamiento de concreto hidráulico”.

En lugar del método de diseño de mezcla descrito en la sesión práctica antes mencionada, pueden utilizarse tablas de dosificación para mezclas de concreto por volumen que son proporcionadas por algunos fabricantes de cemento. Es importante mencionar que dichas tablas indican proporcionamientos para distintas resistencias

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 04  
según aplicación, en función del tamaño máximo de agregado y establecen ciertos requisitos de calidad de los agregados, mezclado, consistencia de la mezcla, capacidad volumétrica de los botes, etc. El proporcionamiento que se da es en base a un saco de cemento más un número variable, según resistencia, de botes de grava, arena y agua, y no se indica el volumen aproximado de concreto a obtener. Para obtener dicho volumen, proceda tal como a continuación se indica:

2022.08) Para la determinación del volumen del cemento utilice la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{W_c}{1000 \delta_c}$$

En donde:

$V_c$  = Volumen del cemento en  $m^3$

$W_c$  = Peso del cemento en kg ( en este caso 50 kg )

$\delta_c$  = Densidad del cemento ( Variable según el tipo de cemento  $\approx 3.15$  )

1.2) El volumen de agua se determinará multiplicando el volumen de la cubeta ( botes alcoholeros de  $0.018 m^3$  ) por la cantidad de agua especificada en la tabla.

1.3) Conocido el peso volumétrico suelto y compacto, así como su densidad, el volumen de la grava será calculado tal como a continuación se describe:

1.3.1) Determine el peso de la grava que llena una cubeta:

$$W_g = \gamma_g V_c$$

En donde:

$W_g$  = Peso de la grava suelta que llena una cubeta en kg

$\gamma_g$  = Peso volumétrico suelto de la grava en  $kg/m^3$ .

$V_c$  = Volumen del bote o cubeta en  $m^3$ .

1.3.2) Determine el volumen que ocupa la grava en la mezcla de concreto, mediante la siguiente ecuación:

$$V_g = \frac{W_g}{1000 \delta_g} F_g$$



Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

En donde:

$V_g$  = Volumen suelto o sin compactar de la grava en  $m^3$ .

$W_g$  = Peso suelto de la grava en kg.

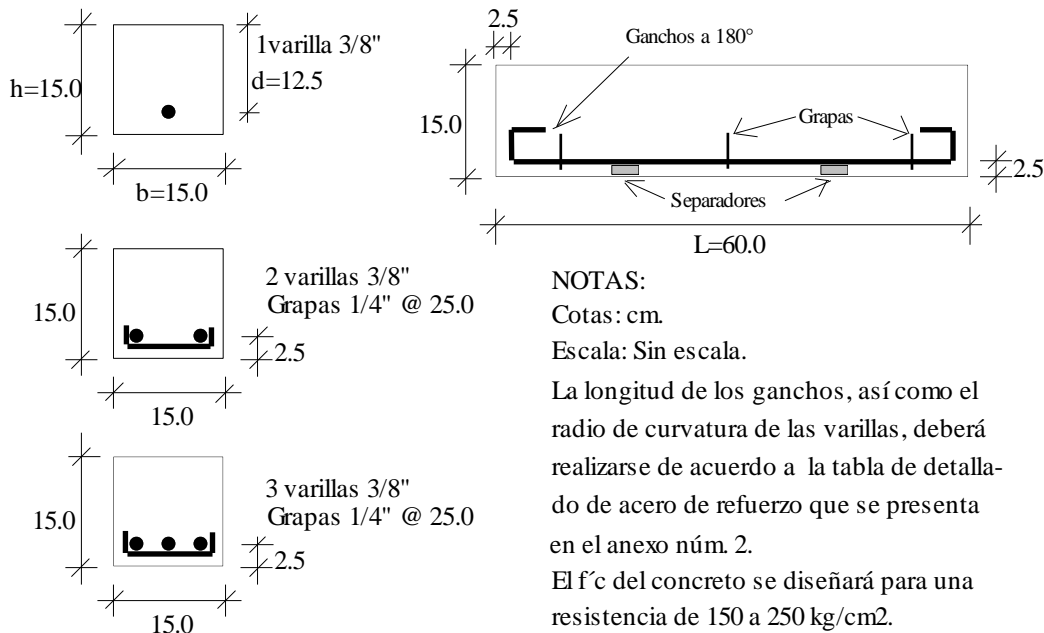
$\delta_g$  = Densidad de la grava.

$F_g$  = Factor que se determina dividiendo el peso volúmetrico suelto de la grava entre su peso volumétrico compactado

1.4) El volumen de la arena será calculado tal como se indica para la grava, solo que utilizando sus valores de peso volumétrico y densidad respectivos.

Hecha la determinación del volumen por dosificación recomendada por el fabricante del cemento, resulta sencillo calcular las cantidades por peso necesarias de los elementos constitutivos de la mezcla, en base al volumen necesario de concreto.

2) Habilite el acero de refuerzo para vigas con refuerzo simple, es decir, solo en el lecho bajo, tal como se detalla en el diagrama siguiente:



3) Mezcle en la revolvedora de concreto los materiales y verifique su consistencia mediante la prueba de revenimiento. Si es necesario, realice los ajustes de mezcla pertinentes.

4) Coloque los armados dentro de las cimbras previamente engrasadas, de tal forma que se garantice que estén bien alineados respecto a la cimbra y con un recubrimiento adecuado. Esto último se logra mediante el uso de separadores de cimbra.

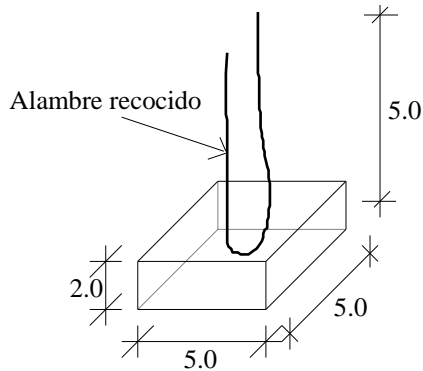
**TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

Las características de los separadores de cimbra se observan en el siguiente diagrama:



NOTAS:

Cotas: cm.

Escala: Sin escala.

El bloque deberá elaborarse con una mezcla mortero-arena, con la misma relación agregados/cemento que la del concreto a utilizar.

5) Coloque la mezcla de concreto en capas con ayuda del vibrador, teniendo cuidado de no mover los armados y que el concreto cubra perfectamente todos los rincones de la cimbra. De acabado liso a la parte superior de la viga recién colada, auxiliándose de la cuchara y la varilla de compactación. Descimbre a las 24 horas y cure hasta la edad de prueba.

**Prueba:**

2022) Tome las medidas de todos los especímenes (vigas y cilindros) y péselos en la báscula. Obtenga su peso volumétrico.

2) Cabecee los cilindros y ensáyelos en el marco de carga. Obtenga el  $f'c$  del concreto.

3) Ensaye cada una de las vigas a velocidad de carga uniforme, llevándolas hasta la falla, teniendo cuidado que la distancia de los apoyos al paño exterior de la viga no sea menor de 7.5 cm. Observe el comportamiento de la aguja de la carátula del marco de carga y anote la fuerza en la que se registre alguna característica significativa ( Brincos, caída de la aguja, etc. ).

**5 Resultados**

El informe deberá incluir el cálculo de la dosificación de materiales para la mezcla de concreto, así como los resultados de prueba de especímenes en las tablas siguientes:

2022) Cilindros:

No espécimen	Diámetro ( m )	Altura ( m )	Volumen ( m <sup>3</sup> )	Peso ( kg )	Peso volumétrico ( kg/m <sup>3</sup> )	Carga ( kg )	Área ( cm <sup>2</sup> )	$f'c$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones

**TALLERES Y LABORATORIOS DE LICENCIATURA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

$f'c$   
 Prom. =

b) Vigas:

No espécimen	Tipo	b ( m )	h ( m )	L ( m )	Volumen ( m <sup>3</sup> )	Peso ( kg )	Peso volumétrico ( kg/m <sup>3</sup> )	Observaciones

c) Determinación del momento resistente experimental (  $Mr_e$  ).

No espécimen	Claro l ( cm )	Carga P ( kg )	$Mr_e$ ( kg-cm ) (* )	Croquis de la falla	Observaciones

(\* ) Para el cálculo de  $Mr_e$ , se utilizará la fórmula correspondiente a la distribución de carga aplicada, es decir, para carga al centro del claro utilice  $Mr_e = Pl / 4$ , y para carga a los tercios del claro utilice  $Mr_e = Pl / 6$ .

d) Determinación del momento resistente (  $MR$  ). Para su cálculo utilice las siguientes ecuaciones:

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

$$f^*c = 0.8f'c$$

$$f''c = 0.85f^*c, \text{ para } f^*c \leq 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = (1.05 - \frac{f^*c}{1250})f^*c, \text{ para } f^*c > 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{fy}bd$$

$$As_{max} = As_{bal} = \frac{f''c}{fy} \frac{4800}{fy + 6000}bd$$

$$P = \frac{As}{bd}$$

$$q = P \frac{fy}{f''c}$$

$$FR = 0.9$$

$$MR = FRbd^2f''cq(1 - 0.5q)$$

En donde:

$fy$  = Limite de fluencia del acero en  $\text{kg/cm}^2$ .

$f^*c$  = Resistencia nominal del concreto a compresión en  $\text{kg/cm}^2$ .

$f''c$  = Esfuerzo uniforme en  $\text{kg/cm}^2$ .

$As_{min}$  = Area minima de refuerzo en  $\text{cm}^2$ .

$As_{max} = As_{bal}$  = Area de refuerzo maximo ó area balanceada en  $\text{cm}^2$ .

$P$  = Cuantia de refuerzo en fracción porcentual.

$FR$  = Factor de reducción de resistencia.

$MR$  = Momento resistente en  $\text{kg-cm}$  ( ó  $\text{Ton-m}$ ).

$b$  = Base de la sección en  $\text{cm}$ .

$d$  = Peralte efectivo en  $\text{cm}$ .

No espécimen	$P$	$q$	$MR$ ( $\text{kg-cm}$ )	$As$ ( $\text{cm}^2$ )	$As_{bal}$ ( $\text{cm}^2$ )	$As_{min}$ ( $\text{CM}^2$ )



TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

--	--	--	--	--	--	--

$As > As_{bal}$	$As_{bal} > As > As_{min}$	Falla supuesta (*)	Falla obtenida	Observaciones

(\*) Fallas por flexión: Dúctil, frágil ó balanceada.

## 6 Conclusiones:

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

## 7 Bibliografía

Gonzalez Cuevas, Oscar. Robles Fernandez-Villegas. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO. 3ª Edición. México, D.F., Limusa, 1994.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Reglamento de Construcciones del D.F. 1993.

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO ( ACI-318 ) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, 1991.

Concrete Reinforcing Steel Institute. MANUAL PARA HABILITAR ACERO DE REFUERZO PARA EL CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1994.

---

**SESIÓN PRÁCTICA NO. 3**  
**CORTANTE EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO**

**1. Objetivo**

El alumno analizará la influencia del refuerzo transversal en vigas de concreto doblemente reforzado al ser sometidas a cargas transversales hasta la ruptura.

**2. Antecedentes teóricos**

a) Cortante en concreto reforzado.

a.1) Planos de esfuerzos principales.

a.2) Comportamiento y modos de falla bajo fuerza cortante.

a.3) Tipos y función del refuerzo transversal.

a.4) Tipos de falla por fuerza cortante:

- Tensión diagonal.

- Compresión por cortante.

- Adherencia por cortante.

a.5) Hipótesis de las N.T.C. para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del R.C.D.F. (Analogía de la armadura)

**3. Equipo y material requerido:**

**3.1 Equipo**

**ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES:**

Moldes cilíndricos (15 cm  $\phi$  x 30 cm altura).

Pala.

Charola o artesa.

Varilla lisa de 15.9 mm de diámetro y 60.0 cm de longitud con punta semiesférica.

Vibrador.

Revolvedora para concreto.

Cono para prueba de revenimiento.

Botes o cubetas.

Cuchara de albañil.

Cucharón.

Flexómetro.

Amarrador.

Cizalla.

Tubo.

Grifa.

Maceta.

Pinzas.

Dispositivos para doblado.

Serrote.

Escuadra metálica.

**PRUEBA:**

Marco de carga.  
Dispositivos para la prueba de flexión.  
Tiza o marcador.  
Báscula.  
Flexómetro.  
Bloque de carga con asiento esférico.  
Platos metálicos para cabeceo con dispositivo de alineamiento.  
Recipiente para fundir azufre.  
Parrilla eléctrica.

**3.2 Material:**

Cemento.  
Grava.  
Arena.  
Agua.  
Aceite mineral.  
Acero de refuerzo del # 3.  
Acero de refuerzo del # 2 ( alambión ).  
Alambre recocido.  
Triplay de espesor  $\geq 1/2''$ .  
Clavo de 1 – 1 1/2''.

**PRUEBA:**

Vigas de concreto doblemente reforzado de 15 x 25 x 100 cm.  
Especímenes cilíndricos de concreto.  
Azufre.  
Puzolana o arena fina ( Que pase por la malla # 40 ).  
Aceite.

**4. Desarrollo de la sesión práctica:**

**Elaboración de especímenes:**

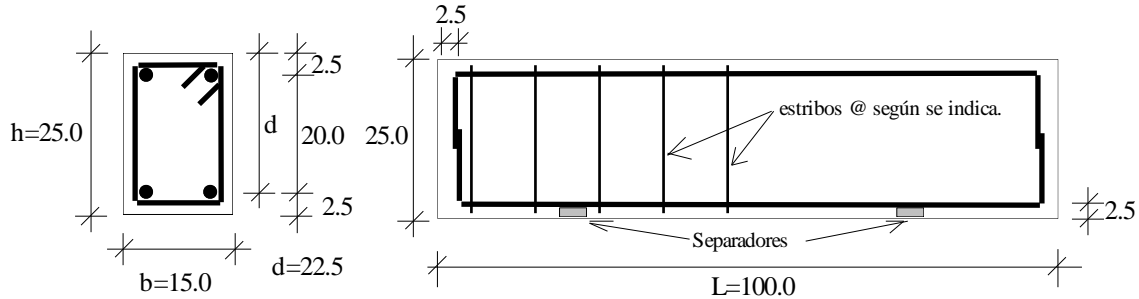
2022) Diseñe una mezcla de concreto hidráulico para una resistencia determinada y adecuada para la prueba. Ver las recomendaciones sugeridas en la sesión práctica # 1, titulada “Flexión en concreto reforzado”.

2 ) Elabore los armados para vigas doblemente reforzadas, es decir, con acero de tensión y de compresión, variando la separación de los estribos, tal como se detalla en el diagrama siguiente:

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04



4 varillas 3/8"  
Estribos 1/4" @ 35-40,  
@ 12-15 y @ 5-7 cm.  
 $f'_c=150-250$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $A_s=$  Área acero a compresión.  
 $A_t=$  Área acero a tensión.

**NOTAS:**

Cotas: cm.

Escala: Sin escala.

La longitud de los ganchos, así como el radio de curvatura de las varillas, deberá realizarse de acuerdo a la tabla de detallado de acero de refuerzo que se presenta en el anexo núm. 2.

3) Elabore tres cimbras de madera de 15.0 x 25.0 x 100.0 cm como medidas interiores, que sean lo suficientemente rígidas y herméticas, de tal forma que no sufran deformaciones al momento de colocar el concreto. Se recomienda el uso de triplay de al menos 1/2 " de espesor y clavos de 1 a 1 1/2" los cuales deberán clavarse en diagonal para evitar que se boten las tablas de la cimbra al momento del colado. El diseño de las mismas es libre, debiendo observarse las recomendaciones anteriores.

4) Mezcle en la revolvedora de concreto los materiales y verifique su consistencia mediante la prueba de revenimiento. Si es necesario, realice los ajustes de mezcla pertinentes.

5) Coloque los armados dentro de las cimbras previamente engrasadas, de tal forma que se garantice que estén bien alineados respecto a la cimbra y con un recubrimiento adecuado (utilice separadores de cimbra).

6) Coloque la mezcla de concreto en capas con ayuda del vibrador, teniendo cuidado de no mover los armados y que el concreto cubra perfectamente todos los rincones de la cimbra. De acabado liso a la parte superior de la viga recién colada, auxiliándose de la cuchara y la varilla de compactación. Descimbre a las 24 horas y cure hasta la edad de prueba.

**Prueba:**

2022) Tome el peso y las medidas de vigas y cilindros. Obtenga su peso volumétrico.

2) Cabecee los cilindros y pruébelos en el marco de carga. Obtenga el  $f'_c$  del concreto.

3) Coloque los dispositivos para la prueba de flexión (para carga al centro o a los tercios del claro) teniendo cuidado que la distancia de los apoyos al paño exterior de la viga no sea menor de 7.5 cm. Pruebe cada una de las vigas a velocidad de carga uniforme llevándolas hasta la falla. Observe el comportamiento de la aguja de la carátula del marco de carga y anote la fuerza en la que se registre alguna característica significativa (Brincos, caída de la aguja, etc.).



TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

4) Durante el proceso observe con mucho cuidado el desarrollo del agrietamiento y diferencie las grietas por flexión de las de cortante, anotando la carga en la que aparecen. Registre el número de grietas significativas por tipo y su espesor relativo.

**5. Resultados:**

El informe deberá incluir los resultados de prueba en las tablas siguientes:

2022) Cilindros:

No espécimen	Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Peso volumétrico o (kg/m <sup>3</sup> )	Carga (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
$f'c$ Prom. =								

b) Vigas:

No espécimen	Tipo	b (m)	h (m)	L (m)	Volumen (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	Observaciones

c) Determinación del momento resistente experimental,  $Mr_e$ , y del momento resistente,  $MR$ , para la sección doblemente reforzada.

No espécimen	Claro $l$ (cm)	Carga $P$ (kg)	$Mr_e$ (kg-cm) (*)	$MR$ (kg-cm) (**)	Croquis de la falla	Observaciones

(\*) Para el cálculo  $Mr_e$ , se utilizará la fórmula correspondiente a la distribución de carga aplicada.

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

(\*\*) Dado que  $A_s = A's$ , la relación  $P - P' \geq \frac{4800}{6000 - f_y} \frac{d' f' c}{d f_y}$ , no se cumple, por lo que el  $MR$  deberá obtenerse por tanteos (Variando la profundidad del eje neutro "c" hasta que  $C_s + C_c = T$ ).

d) Determinación de la separación de los estribos:

d.1) Determine la fuerza cortante máxima experimental,  $V_{me}$ , a partir de los datos obtenidos de la prueba de carga y la fuerza cortante máxima,  $V_m$ , por sustitución en la ecuación siguiente, según corresponda:

$$MR = \frac{V_m l}{4}, \text{ Carga al centro del claro.}$$

$$MR = \frac{V_m l}{6}, \text{ Carga a los tercios del claro.}$$

d.2) Calcule la contribución por cortante del concreto,  $V_{cR}$ . Utilice la siguiente ecuación:

$$V_{cR} = 0.5 FRbd \sqrt{f^* c}, \text{ para } l / h < 4$$

En donde:

$V_{cR}$  = Fuerza cortante que toma el concreto en kg.

$FR$  = Factor de reducción de resistencia = 0.8

$f^* c$  = Resistencia nominal del concreto a compresión en  $\text{kg} / \text{cm}^2$ .

$b$  = Base de la sección en cm.

$d$  = Peralte efectivo en cm.

$h$  = Altura en cm.

d.3) Como  $V_m$  y  $V_{me} > V_{cR}$ , calcule para cada una la fuerza que tomará el acero por cortante,  $V_s$ , mediante la siguiente fórmula:

$$V_s = V_m \text{ ( ó } V_{me} \text{ )} - V_{cR}$$

d.4) Calcule la separación teórica,  $S_t$ , que deben tener los estribos.

$$S_t = \frac{FR A_v f_y d}{V_s} \leq \frac{FR A_v f_y}{3.5b}$$

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

En donde:

$S_t$  = Separación de los estribos de la viga en cm.

$A_v$  = Area de acero por cortante en  $\text{cm}^2$ .

$f_y$  = Limite de fluencia del alambraón =  $2,800 \text{ kg / cm}^2$ .

No espécimen	$V_{max}$ ( kg )	$V_{cR}$ ( kg )	$V_s$ ( kg )	$S_t$ ( cm ) Para $V_m$	$S_t$ ( cm ) Para $V_{me}$	$S$ ( cm )	Tipo de falla (*)	Observaciones

(\*) Por flexión: Dúctil, frágil, balanceada; por cortante: Tensión diagonal, compresión por cortante, adherencia por cortante.

e) Compare la separaciones teóricas,  $S_t$ , contra la separación real,  $S$ , del estribo y establezca sus conclusiones al respecto.

### 6. Conclusiones:

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

### 7. Bibliografía

Gonzalez Cuevas, Oscar. Robles Fernandez-Villegas. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO. 3ª Edición. México, D.F., Limusa, 1994.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Reglamento de Construcciones del D.F. 1993.

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO ( ACI-318 ) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, 1991.

Concrete Reinforcing Steel Institute. MANUAL PARA HABILITAR ACERO DE REFUERZO PARA EL CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1994.

## SESIÓN PRÁCTICA NO. 4

# FLEXOCOMPRESIÓN EN COLUMNAS CORTAS DE CONCRETO REFORZADO

### 1. Objetivo

El alumno analizará las propiedades mecánicas de un espécimen prismático de concreto reforzado sometido a carga axial excéntrica.

### 2. Antecedentes teóricos

a) Flexocompresión en concreto reforzado.

a.1) Comportamiento y tipos de falla de elementos de concreto reforzado sujetos a Flexocompresión.

- falla en compresión.

- falla en tensión.

- falla balanceada.

a.2) Diagrama de interacción.

a.3) Determinación de resistencia.

### 3. Equipo y material requerido

#### 3.1 Equipo

##### *ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES:*

Moldes cilíndricos (15 cm  $\phi$  x 30 cm altura ).

Pala.

Charola o artesa.

Varilla lisa de 15.9 mm de diámetro y 60.0 cm de longitud con punta semiesférica.

Vibrador.

Revolvedora para concreto.

Cono para prueba de revenimiento.

Botes o cubetas.

Cuchara de albañil.

Cucharón.

Flexómetro.

Amarrador.

Cizalla.

Tubo.

Grifa.

Maceta.

Pinzas.

Dispositivos para doblado.

Serrote.

Escuadra metálica.

*PRUEBA:*

Marco de carga.  
Bloques de carga con asiento esférico.  
Tiza o marcador.  
Báscula.  
Flexómetro.  
Platos metálicos para cabeceo con dispositivo de alineamiento.  
Recipiente para fundir azufre.  
Parrilla eléctrica.

2022.08 **Material de consumo:**

*ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.*

Cemento.  
Grava.  
Arena.  
Agua.  
Aceite mineral.  
Acero de refuerzo del # 3.  
Acero de refuerzo del # 2 ( alambión ).  
Alambre recocido.  
Triplay de espesor  $\geq 1/2''$ .  
Clavo de 1 – 1 1/2''.

*PRUEBA:*

Especímenes prismáticos de concreto reforzado ( Columna corta con ménsula en sus extremos ó “Dogbone”).  
Especímenes cilíndricos de concreto.  
Azufre.  
Puzolana o arena fina ( Que pase por la malla # 40 ).  
Aceite.

**4. Desarrollo de la sesión práctica:**

*Elaboración de especímenes:*

2022) Diseña una mezcla de concreto hidráulico para una resistencia determinada y adecuada para la prueba. Ver las recomendaciones sugeridas en la sesión práctica # 1, titulada “Flexión en concreto reforzado”.

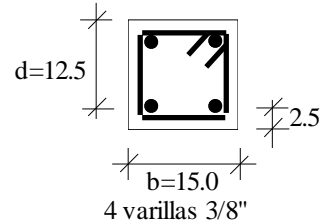
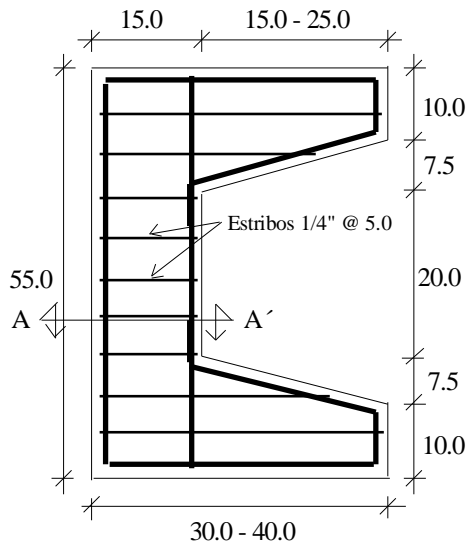
2 ) Elabore los armados para especímenes prismáticos de concreto reforzado “Dogbone”, tal como se detalla en el diagrama siguiente:

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

SECCIÓN A-A'



NOTAS:

Cotas: cm.

Escala: Sin escala.

La longitud de los ganchos, así como el radio de curvatura de las varillas, deberá realizarse de acuerdo a la tabla de detalle de acero de refuerzo que se presenta en el anexo núm. 2.

El  $f'c$  del concreto se diseñará para una resistencia de 150 a 250 kg/cm<sup>2</sup>.

3) Elabore al menos dos cimbras de madera respetando las medidas que se ilustran en el diagrama anterior. Deberán ser lo suficientemente rígidas de tal forma que no sufran deformaciones al momento de colocar el concreto. Se recomienda el uso de triplay de al menos 1/2 " de espesor y clavos de 1 a 1 1/2" los cuales deberán clavarse en diagonal para evitar que se voten las tablas de la cimbra al momento del colado. El diseño de las mismas deberá considerar que el colado de los elementos es por el costado de los especímenes, tal como se muestra en el diagrama anterior, lo cual facilita la hechura de la cimbra.

4) Mezcle en la revolvedora de concreto los materiales y verifique su consistencia mediante la prueba de revenimiento. Si es necesario, realice los ajustes de mezcla pertinentes.

5) Coloque los armados dentro de las cimbras previamente engrasadas, de tal forma que se garantice que estén bien alineados respecto a la cimbra y con un recubrimiento adecuado ( utilice separadores de cimbra ).

6) Coloque la mezcla de concreto en capas con ayuda del vibrador, teniendo cuidado de no mover los armados y que el concreto cubra perfectamente todos los rincones de la cimbra. De acabado liso a la parte superior del espécimen recién colado, auxiliándose de la cuchara y la varilla de compactación. Descimbre a las 24 horas y cure hasta la edad de prueba.

**Prueba:**

2022) Tome el peso y medidas de los especímenes y cilindros. Determine su peso volumétrico.

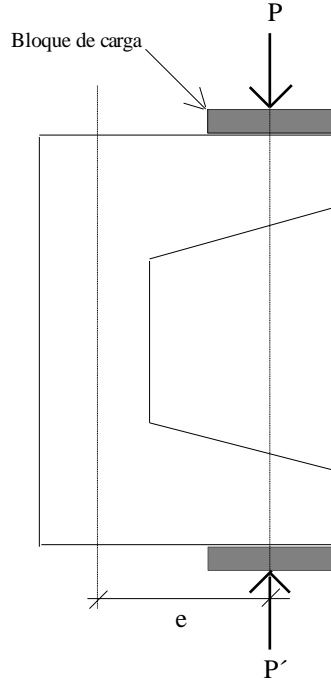
2) Cabecee los cilindros y pruébelos en el marco de carga. Calcule el  $f'c$  del concreto.

3) Coloque los especímenes de tal forma que los bloques de carga se encuentren en los extremos de la ménsula y perfectamente alineados uno con otro, tal como se observa en la siguiente figura:

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04



La excentricidad experimental,  $e$ , es la distancia del centroide de la columna al centro de los bloques de carga con asiento esférico.

4) Probar cada uno de los especímenes a velocidad de carga uniforme llevándolos hasta la falla. Observe el comportamiento de la aguja de la carátula del marco de carga y anote la fuerza en la que se registre alguna característica significativa ( Brincos, caída de la aguja, etc. ).

5) Durante el proceso observe con mucho cuidado el desarrollo del agrietamiento y diferencie las grietas por flexión de las de cortante ( tensión diagonal o corte directo ), anotando la carga en la que aparecen. Registre el número de grietas significativas por tipo y su espesor relativo.

**2022. RESULTADOS:**

2022) Cilindros:

No espécimen	Diámetro ( m )	Altura ( m )	Volumen ( m <sup>3</sup> )	Peso ( kg )	Peso volumétrico ( kg/m <sup>3</sup> )	Carga ( kg )	$f'c$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones

$f'c$   
Prom. =

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

b) Columnas:

No espécimen	Dimensiones ( m )	Volumen ( m <sup>3</sup> )	Peso ( kg )	Peso volumétrico ( kg/m <sup>3</sup> )	Observaciones

c) Determinación del momento resistente experimental,  $Mr_e$ :

No espécimen	Excentricidad experimental e ( cm )	Carga P ( kg )	$Mr_e$ ( kg-cm ) (*)	Croquis de la falla	Observaciones

(\*) Donde  $Mr_e = P e$

d) Determine los valores teóricos de resistencia, ya sea por tanteos ó mediante el diagrama de interacción de la columna. Para el cálculo, utilice las siguientes ecuaciones:

$$f^*c = 0.8f'c$$

$$f''c = 0.85f^*c, \text{ para } f^*c \leq 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = (1.05 - \frac{f^*c}{1250})f^*c, \text{ para } f^*c > 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = E_s \epsilon_s, \text{ - } f'_s = E_s \epsilon'_s$$

$$a = 0.8c$$

En donde:

$$f^*c = \text{ Resistencia nominal del concreto a compresión en kg / cm}^2.$$

$$f''c = \text{ Esfuerzo uniforme en kg / cm}^2.$$





TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

---

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

$f_s$  y  $f'_s$  = Esfuerzos en el acero en  $\text{kg} / \text{cm}^2$ .

$\epsilon_s$  y  $\epsilon'_s$  = Deformaciones unitarias del acero de refuerzo.

$E_s$  = Módulo elástico del acero de refuerzo en  $\text{kg} / \text{cm}^2$ .

$a$  = Profundidad del bloque rectangular equivalente en cm.

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

No espécimen	$f''c$ ( kg/cm <sup>2</sup> ).	$Fy$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$c$ ( cm )	$A_s$ ( cm <sup>2</sup> )	$A'_s$ ( cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_s$	$\epsilon'_s$

Nota: Esta tabla requerirá de más renglones por columna.

$f_s$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_s$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	$a$ ( cm )	$Ts$ ( kg )	$Cs$ ( kg )	$Cc$ ( kg )	$P$ ( kg )	$MR$ ( kg-cm )	$e_t$ ( cm )

Nota: Esta tabla requerirá de más renglones por columna.

¿ Para que valor de excentricidad teórica,  $e_t$ , se iguale el momento resistente,  $MR$ , con el momento resistente experimental,  $Mr_e$  ¿

¿ Para que valor de  $MR$ , se igualan la excentricidad experimental,  $e$ , con la teórica,  $e_t$  ¿

¿ Que concluye de lo anterior ¿

e) Grafique el diagrama de interacción de la columna y los resultados experimentales de  $P$  y  $Mr_e$  en papel milimétrico.

### 6. Conclusiones:

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



**TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

---

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

**7. Bibliografía:**

Gonzalez Cuevas, Oscar. Robles Fernandez-Villegas. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO. 3ª Edición. México, D.F., Limusa, 1994.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Reglamento de Construcciones del D.F. 1993.

American Concrete Institute. REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO ( ACI-318 ) Y COMENTARIOS, México, D.F. IMCYC, 1991.

Concrete Reinforcing Steel Institute. MANUAL PARA HABILITAR ACERO DE REFUERZO PARA EL CONCRETO, México, D.F., IMCYC, 1994.

## SESIÓN PRÁCTICA NO. 5 COMPRESIÓN EN MUROS DE TABIQUE

### 1. Objetivo

El alumno determinará la resistencia de diseño en compresión para muros de tabique.

### 2. Antecedentes teóricos

- a) Muros de tabique.
  - a.1) Tipos de tabiques.
  - a.2) Clasificación de los muros de tabique por sus dimensiones, acomodo y función estructural.
  - a.3) Tipos de falla más comunes en muros de carga.
  - a.4) Características de resistencia.
- b) Morteros, características y propiedades.

### 3. Equipo y material requerido

#### 3.1 Equipo

##### *ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES:*

Pala.  
Charola o artesa.  
Botes o cubetas.  
Cuchara de albañil.  
Cucharón.  
Regletas metálicas o de madera para cabeceo con mortero.  
Tablas de madera de ancho mayor al ancho del tabique, longitud mayor a la longitud de la pila y espesor  $> 3/4$  de pulg.  
Moldes cilíndricos de 5 cm. De diámetro y 10 cm. De altura.  
Varilla lisa de  $1/4$  pulgada de diámetro y 20 cm. De longitud.  
Flexómetro.  
Escuadra metálica.  
Nivel de albañil.  
Plomada de albañil.

##### *PRUEBA:*

Marco de carga.  
Dispositivos para la prueba ( Bloque de carga superior con asiento esférico y 2 placas de carga suplementarias de acero estructural de  $60.0 \times 20.0 \times 1.9$  cm ).  
Tiza o marcador.  
Flexómetro.

#### 3.2 Material

##### *ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.*

Tabiques. ( Rojos recocidos o tabicones )  
Cemento ó mortero.  
Cal.

Arena.  
Agua.  
Aceite mineral.

**PRUEBA:**

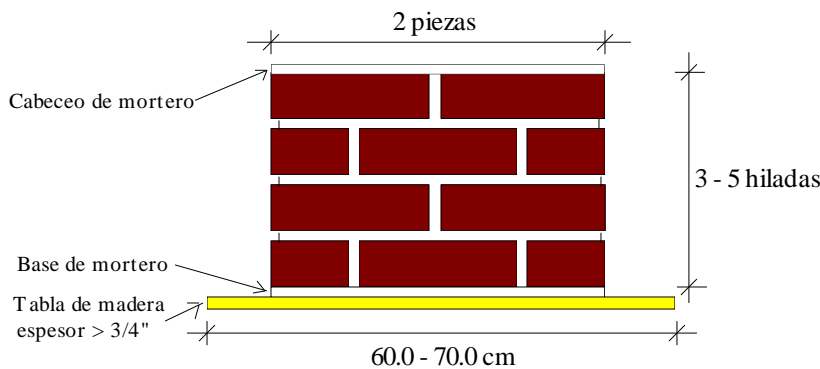
Pilas o muros de tabique de tamaño adecuado para la prueba.  
Especímenes cilíndricos de mortero.

**4. Desarrollo de la sesión práctica**

**Elaboración de especímenes:**

**PILAS O MUROS:**

2022) En función del tamaño y número de especímenes a elaborar ( al menos tres de características similares ), humedezca sin que lleguen a escurrir, un número adecuado de piezas o tabiques. Se recomienda elaborar las pilas de acuerdo al diagrama siguiente:



**NOTAS:**

Cotas: cm.  
Escala: Sin escala.  
Espesor promedio de la junta de mortero = 1.5 cm.  
La resistencia del mortero se diseñará para una resistencia de 40 a 125 kg/cm<sup>2</sup>.

2) Engrase las tablas en una de sus caras, mismas que servirán de base de desplante para cada muro, de acuerdo a la figura anterior. Es importante que la tabla se coloque en una superficie horizontal al elaborar los muros.

3) Diseñe una mezcla de mortero para una resistencia determinada y adecuada para la prueba. Utilice la tabla 6.1.

4) Mezcle adecuadamente los materiales ( Primero arena y cementantes. Finalmente añada el agua ).

5) Coloque una capa de mortero de espesor uniforme sobre la tabla previamente engrasada, misma que de apoyo a la primera hilada de tabiques. Posteriormente, proceda a colocar las piezas de tabique una por una, junteandolas con el mortero y cuidando que el espesor de dicha junta sea de espesor uniforme en todo el muro ( 1.5 cm. Aproximadamente ). Puede auxiliarse de la escuadra metálica para verificar que el muro se elabore a plomo.

6) Ya completa la pila, proceda al cabeceo de la misma con el mismo mortero utilizado para el junteo:

6.1) Coloque las regletas para cabeceo fijándolas con una mordaza hecha de acero de refuerzo ( perros ), una de cada lado. La regleta debe sobresalir por encima del nivel de la ultima hilada de tabique en aprox. De 1 a 1.5 cm. Verifique con el nivel de albañil la horizontalidad de las regletas de cabeceo.

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE Fecha de emisión: 2024.02.01 Revisión: 04

6.2) Coloque el mortero entre las regletas y por encima del muro. Enrase con la cuchara de albañil. Posteriormente retire las regletas abriendo las mordazas, cuidando que el movimiento de las mismas sea vertical y hacia abajo.

IMPORTANTE: Evite levantar el muro mientras la junta de mortero se encuentre en estado fresco.

7) Curar hasta la edad de prueba ( 28 días ) de preferencia en cuarto húmedo a una temperatura de  $23 \pm 3$  °C y una humedad relativa mínima de 95%.

CILINDROS:

2022) Engrase los moldes cilíndricos ( al menos tres ).

2) Con el mismo mortero utilizado para la elaboración de los muros llene cada uno en tres capas varillando cada una de ellas 25 golpes. Enrase con la varilla y cuchara de albañil.

3) Descimbre a las 24 horas y almacene bajo condición húmeda ( agua saturada de cal o cuarto húmedo a temperatura de  $23 \pm 3$  °C y una humedad relativa mínima de 95%) hasta la edad de prueba (28 días).

**Prueba**

PILAS O MUROS:

2022) Someta a prueba a cada una de las pilas en el marco de carga tal como a continuación se describe:

2022.08) Determine las dimensiones de cada muro ( largo, alto y ancho ).

1.2) Coloque la pila sobre la base del marco de carga cuidando que se encuentre bien centrada.

1.3) Coloque las placas de carga suplementarias por encima del muro.

1.4) Pruebe cada uno de los especímenes a velocidad de carga uniforme llevándolos hasta la falla. Anote la carga registrada.

Durante el proceso observe con atención el desarrollo del agrietamiento y clasifique las grietas que se presenten.

2) Calcule el esfuerzo promedio obtenido mediante la siguiente ecuación:

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

En donde:

$$f_m = \text{Esfuerzo promedio en kg / cm}^2.$$

$$P = \text{Carga registrada en kg.}$$

$$A = \text{Area bruta en cm}^2.$$

3) Corrija por esbeltez los valores de esfuerzo promedio mediante la tabla 6.2. Para esbelteces intermedias interpole en forma lineal. La relación de esbeltez se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R.E. = \frac{h}{e}$$

En donde:

$R. E.$  = Relación de esbeltez de la pila.

$h$  = Altura de la pila.

$e$  = Espesor ó ancho de la pila.

4) Determine la resistencia de diseño mediante la siguiente ecuación:

$$f_m^* = \frac{\bar{f}_m}{1 + 2.5c_m}$$

En donde:

$f_m^*$  = Resistencia de diseño en  $\text{kg} / \text{cm}^2$ .

$\bar{f}_m$  = Promedio de la resistencia de las pilas corregidas por esbeltez en  $\text{kg} / \text{cm}^2$ .

$c_m$  = Coeficiente de variación de las pilas ensayadas (No menor de 0.15).

#### CILINDROS

2022) Determinación de resistencia. Proceda en forma similar, en lo que sea aplicable, en cuanto a cabeceo, colocación y velocidad de aplicación de carga, de cilindros de concreto hidráulico simple. ( Ver sesión práctica # 6 del laboratorio de Resistencia de materiales I titulada “Resistencia a la compresión en concreto hidráulico simple”).

### 5. Resultados

El informe deberá incluir los resultados de prueba en las tablas siguientes:

2022) Cilindros:

No espécimen	Diámetro ( m )	Altura ( m )	Volumen ( $\text{m}^3$ )	Peso volumétrico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Carga ( kg )	Resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Observaciones

**TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

b) Pilas o muros:

b.1) Datos generales:

No espécimen	Largo (cm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Relación de esbeltez	Observaciones

b.2) Valores de resistencia:

No espécimen	Carga (kg)	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	$f_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Croquis de la falla

Factor de corrección	$f_m$ corregido (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{f}_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f^*_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones

TABLA 6.1

TIPO DE MORTERO	PARTES DE CEMENTO.	PARTES DE CEMENTO DE ALBAÑILERÍA	PARTES DE CAL	PARTES DE ARENA (*)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
I	1	0	0 A 1/4	NO MENOS DE 2.25 NI MÁS DE 3 VECES LA SUMA DE CEMENTANTES EN VOLUMEN.	125
I	1	0 A 1/2	0		125
II	1	0	¼ A 1/2		75
II	1	1/2 A 1	0		75
III	1	0	1/2 A 1 1/4		40

(\*) El volumen de arena se medirá en estado suelto. Emplear la mínima cantidad de agua que de un mortero fácilmente trabajable.

TABLA 6.2

RELACIÓN DE ESBELTEZ DE LA PILA	2	3	4	5
FACTOR DE CORRECCIÓN	0.75	0.90	1.00	1.05



## 6. Conclusiones:

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

## 7. Bibliografía:

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. Reglamento de Construcciones del D.F. 1995.

Escuela Mexicana de Arquitectura. Universidad La Salle, Materiales y procedimientos de construcción. Tomo II. Editorial Diana, 1974.

## SESIÓN PRÁCTICA NO. 6

### COMPRESIÓN EN COLUMNAS ESBELTAS DE MADERA

#### 1. Objetivo

El alumno determinará la relación de esbeltez y la carga unitaria última soportada por columnas madera

#### 2. Antecedentes teóricos

- a) Madera. Tipos, características y propiedades.
- b) Efectos de esbeltez.
  - b.1) Estabilidad. Concepto de equilibrio estable e inestable.
  - b.2) Conceptos de efectos de esbeltez y pandeo.
  - b.3) Concepto de columna (esbeltas e intermedias) y elemento corto.
  - b.4) Ecuaciones de carga y esfuerzo crítico de Euler.
  - b.5) Limitaciones de la ecuación de Euler.

#### 3. Equipo y material requerido

2022.08      **Equipo**

##### *ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES:*

Flexómetro.  
Escuadra metálica.  
Tiza o marcador.  
Serrucho.

##### *PRUEBA:*

Marco de carga.  
Dispositivos para la prueba ( Bloques de carga superior e inferior con asiento esférico )  
Tiza o marcador.  
Flexómetro.

#### 3.2 Material

##### *ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.*

Tira de madera de 2.0 x 4.0 cm de sección ( preferentemente, pero puede aceptarse una sección de hasta de 2.5 x 5.0 ), seca y que no presente nudos y/o alteraciones.

##### *PRUEBA:*

Columnas de madera de 2.0 x 4.0 ( ó 2.5 x 5.0 ) x 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 35.0, 40.0, 45.0, 50.0 y 55.0 cm.

#### 4. Desarrollo de la sesión práctica:

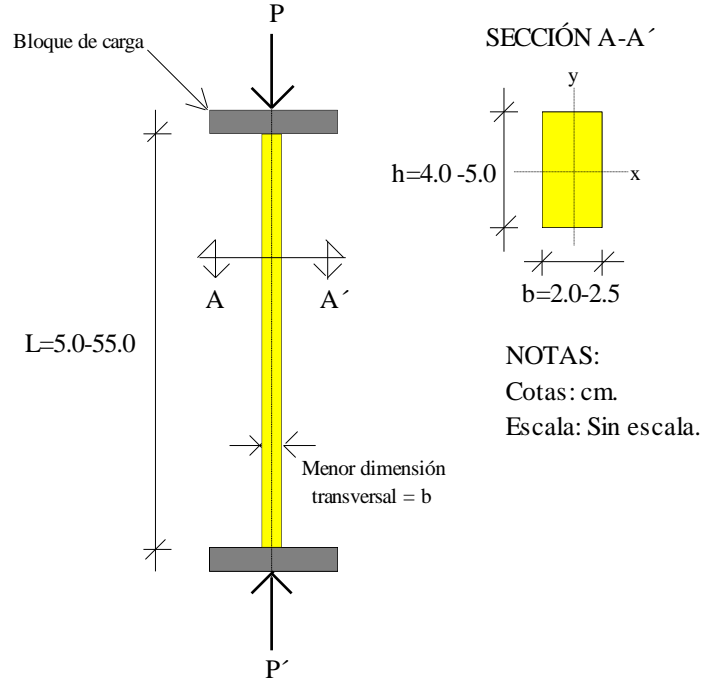
##### *Elaboración de especímenes*

2022) Marque y corte con el serrucho la tira de madera de tal forma que obtenga columnas con una longitud que varíe de 5.0 a 55.0 cm. El corte a la madera debe realizarse perpendicular al eje longitudinal de la columna.

##### *Prueba*

2022) Tome las dimensiones de las columnas y nótelas.

2) Coloque la columna de mayor longitud entre los bloques de carga teniendo cuidado de que esta se encuentre perfectamente alineada con sus apoyos, tal como se muestra en la figura:



3) Aplique carga lenta y de manera uniforme hasta que se observe una deflexión lateral, en ese momento quite la carga y mueva los extremos ligeramente hacia la parte convexa de la columna y vuelva a cargar. Si la primera carga aplicada que produjo la flexión es mayor que la segunda, entonces la máxima carga columnar será la primera que se obtuvo, en caso contrario repita la operación.

4) Repita el paso anterior para cada una de las columnas en orden descendente respecto a su longitud.

## 5. Resultados

El informe deberá incluir los resultados de prueba en las tablas siguientes:

2022) COLUMNS:

No espécimen	h ( cm )	b ( cm )	L ( cm )	P ( kg )	A ( cm <sup>2</sup> )

Nota: Esta tabla requerirá de más renglones por columna.

b) Determine el esfuerzo experimental,  $\sigma_e$ , y la relación de esbeltez efectiva,  $Le/r_y$ , para cada una de las columnas. Para su cálculo utilice las ecuaciones siguientes:

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

$$I_y = \frac{hb^3}{12}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$Le = KL$$

En donde:

$P$  = Carga obtenida en kg.

$A$  = Area de la sección en cm<sup>2</sup>.

$I_y$  = Momento de inercia minimo de la sección en cm<sup>4</sup>.

$r_y$  = Radio de giro minimo de la sección en cm.

$K$  = Factor que depende de las condiciones de apoyo ( Ver anexo num. 3 ).

TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

$\sigma_e$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	$r_y$ (cm)	$Le/r_y$	Croquis de la falla	Observaciones

Nota: Esta tabla requerirá de más renglones por columna.

b) Determine el valor del módulo elástico,  $E$ , de la madera, para la columna de mayor longitud, despejándolo de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\pi^2 EI_y}{L_e^2}$$

En donde:

$P$  = Carga máxima sobre la columna en kg.

c) Calcule los valores de esfuerzo teórico,  $\sigma$ , para cada una de las columnas, mediante la fórmula que a continuación se expresa:

$$\sigma = \frac{\pi^2 E}{(L_e / r_y)^2}$$

$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Le/r_y$	Observaciones

Nota: Esta tabla requerirá de más renglones por columna.

d) Elabore una gráfica en papel milimétrico de esfuerzo experimental vs relación de esbeltez efectiva y de esfuerzo teórico vs relación de esbeltez efectiva ( las dos sobre los mismos ejes ).

¿ Hasta que valor de esfuerzo y de relación de esbeltez efectiva, la ecuación de Euler es aplicable ¿

## 6. Conclusiones:

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

## 7. Bibliografía:

P. Beer, Ferdinand. Russell Johnston, E. MECÁNICA DE MATERIALES. México, D.F., Mc. GRAW-HILL, 1993.

Singer, Ferdinand L. y Pytel, Andrew. RESISTENCIA DE MATERIALES, 3ª. edición, HARLA, 1982.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera. Reglamento de Construcciones del D.F. 1987.

Robles Fernández-Villegas, Francisco. Echenique Manrique, Ramón. ESTRUCTURAS DE MADERA. México, D.F., LIMUSA, 1991.

**TALLERES Y LABORATORIOS DE  
LICENCIATURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE DISEÑO DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

Código: FESA PAL IIC DE

Fecha de emisión: 2024.02.01

Revisión: 04

**HISTORIAL DE CAMBIOS**

Revisión	Sección	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	Portada	Actualización del Representante de la Dirección.	2017.08.18
3	Formato	Por ampliación de alcance se renombra FESA PIC I10 por FESA PAL IIC DE.	2022.08.22
4	Portada	Actualización del Jefe de Sección.	2024.02.01

**HISTORIAL DE REVISIONES**

Fecha de revisión	Responsable de realizar la revisión	Próxima fecha de revisión
2014.10.10	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2015.10.10
2016.01.12	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2017.01.12
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	2020.08.02
2020.08.04	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2021.08.04
2021.08.02	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2022.08.02
2022.04.01	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2023.04.04
2023.04.04	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2024.04.04
2024.02.16	Ing. Omar Ulises Morales Dávila	2025.02.10