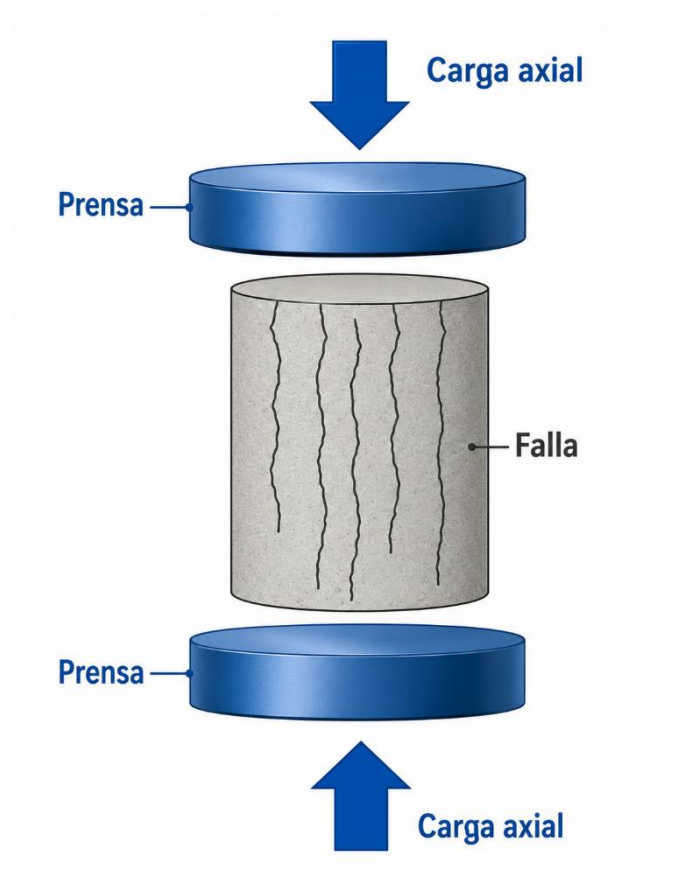


MANUAL DE LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



Segundo semestre 2026

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00 – 12:00 13:00 – 17:00	Práctica 1: Acero Estructural
Martes	08:00 – 12:00 13:00 – 17:00	Práctica 2: Concreto
Miércoles	08:00 – 12:00 13:00 – 17:00	Práctica 3: Madera
Jueves	08:00 – 12:00 13:00 – 17:00	Práctica 4: Mampuestos

Nota: La evaluación virtual estará habilitada del 26 de octubre de 2026 a las 8:00 al 30 de octubre de 2026 a las 18:00. Para tener derecho al examen final y aprobar el curso, es obligatorio asistir a las prácticas presenciales, realizar las tareas, hojas de trabajo y completar la evaluación en línea dentro del período establecido

Materiales necesarios para las prácticas de Materiales de Construcción.

Práctica	Material
1	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas
2, 3 y 4	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer hasta su finalización.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **26 de octubre de 2026 a las 8:00 al 30 de octubre de 2026 a las 18:00 horas.**

INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- a) Resultados
- b) Resumen de la práctica
- c) Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- b. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

DETALLES FÍSICOS DEL INFORME

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond **tamaño carta**.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano CON LETRA CLARA Y LEGIBLE, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio SIN EXCEPCIONES. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

PRÁCTICA No. 1 ACERO ESTRUCTURAL

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Reconocer la importancia del acero estructural en el campo de la construcción.
- 1.2. Interpretar la gráfica de esfuerzo – deformación para el acero estructural.
- 1.3. Construir una gráfica de esfuerzo – deformación típica para el acero estructural.

2. Marco teórico:

¿Qué es la COGUANOR?

COGUANOR es el ente normativo oficial de Guatemala, adscrito al Ministerio de Economía, encargado de:

- Elaborar y actualizar normas técnicas guatemaltecas.
- Representar al país en organismos internacionales de normalización.
- Promover la normalización voluntaria o técnica obligatoria.

¿Qué tipos de normas emite?

Las normas COGUANOR cubren diferentes sectores como:

- Construcción (ej. diseño estructural, materiales de construcción, seguridad sísmica)
- Salud
- Industria alimentaria
- Electricidad
- Medio ambiente
- Transporte

En el campo de la ingeniería estructural y sísmica, algunas normas COGUANOR están alineadas o adoptan documentos internacionales (como ASCE 7 o ACI).

Esfuerzo

El esfuerzo es una magnitud física que representa la distribución de las fuerzas internas que aparecen dentro de un material cuando este es sometido a cargas externas. Estas fuerzas internas surgen como una reacción del material para resistir las acciones que intentan deformarlo, romperlo o cambiar su estado de equilibrio.

Cuando una estructura, como una viga, columna o losa, recibe una carga, las partículas que componen el

material interactúan entre sí generando fuerzas internas. El esfuerzo mide la intensidad de esas fuerzas en una sección determinada del elemento y se expresa como la fuerza aplicada por unidad de área.

Matemáticamente:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

donde:

σ = esfuerzo (N/m², Kgf/cm², Lbf/pulg²)

F = fuerza interna o carga aplicada en (N, Kgf, Lbf)

A = área de la sección transversal (m², cm², pulg²)

El concepto de esfuerzo es fundamental porque permite evaluar cómo se comportan los materiales bajo diferentes condiciones de carga. A partir de su análisis, los ingenieros pueden determinar si una estructura soportará las cargas de servicio de manera segura o si existe riesgo de deformación excesiva o falla.

Es importante distinguir entre esfuerzo y deformación:

- El esfuerzo es la causa, es decir, la fuerza interna que actúa dentro del material.
- La deformación es el efecto, o sea, el cambio de forma o dimensiones que experimenta el material debido a ese esfuerzo.

Tipos principales de esfuerzo

1. Esfuerzo de tracción

- Ocurre cuando las fuerzas tienden a estirar el elemento.
- Ejemplo: un cable que sostiene una carga.

2. Esfuerzo de compresión

- Ocurre cuando las fuerzas tienden a acortar o aplastar el elemento.
- Ejemplo: una columna que soporta el peso de una estructura.

3. Esfuerzo cortante (cizallamiento)

- Se produce cuando las fuerzas actúan paralelamente a una sección del elemento.
- Ejemplo: un perno sometido a fuerzas opuestas.

4. Esfuerzo de flexión

- Aparece cuando un elemento se dobla debido a cargas transversales.
- Ejemplo: una viga que soporta el peso de un piso.

5. Esfuerzo de torsión

- Se genera cuando un elemento es sometido a un momento que lo hace girar sobre su eje.
- Ejemplo: un eje de transmisión.

Acero Estructural

El acero estructural en la construcción, su principal uso es para edificar la base sobre la que se levantan las estructuras básicas de los edificios: columnas, vigas, losa, cimentación, etc.

El grado del acero no es más que su resistencia a los esfuerzos de tensión y compresión que normalmente generan las cargas de la estructura, se fabrican en diferentes grados, como lo pueden ser grado 40 y 60 que son los más utilizados en Guatemala.

ESPECIFICACIONES						
Varilla N°	Medida		Peso kg/m	Perímetro mm	Área cm	Piezas ton
	mm	pulg.				
2.5	7.9	5/16	0.374	24.8	0.49	217÷.7
3	9.5	3/8	0.557	29.8	0.71	149÷.4
4	12.7	1/2	0.996	39.9	1.27	84÷.2
5	15.9	5/8	1.560	50.0	1.99	54÷.1
6	19.1	3/4	2.250	60.0	2.87	37÷.1
8	25.4	1	3.975	79.8	5.07	21
10	31.8	1 1/4	6.225	99.9	7.94	13
12	38.1	1 1/2	8.938	119.7	11.40	9

NORMA COGUANOR NTG 36011: Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto

Esta norma trata sobre las barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto en tramos cortados y rollos, fabricados y/o comercializados en el país.

Las barras tienen cuatro niveles de límite de fluencia mínima: 280 MPa (40,000 psi), 420 MPa (60,000 psi), 520 MPa (75,000 psi) y 550 MPa (80,000 psi), designados como Grado 40, grado 60, grado 75 y grado 80, respectivamente.

Acero trabajando a tracción

Cuando una fuerza tira de los extremos de una barra o elemento de acero, se generan esfuerzos de tracción en su interior. Las partículas del material desarrollan fuerzas internas que se oponen al estiramiento, permitiendo que el elemento resista la carga aplicada.

Importancia en estructuras

El acero se utiliza ampliamente para resistir tracción porque posee una resistencia mucho mayor que materiales como el concreto. Por esta razón:

- En el concreto reforzado, el acero absorbe los esfuerzos de tracción, mientras que el concreto resiste principalmente los esfuerzos de compresión.

- En puentes, cerchas y cables estructurales, el acero es el material principal para soportar fuerzas de tensión.
- En elementos sometidos a cargas sísmicas, el acero aporta ductilidad y capacidad de deformarse antes de fallar.

Requisitos de tracción o tensión:

El límite de fluencia (o punto cedente) debe ser determinado por uno de los siguientes métodos:

- El límite de fluencia debe ser determinado por la detención o caída de la aguja indicadora o la detención del indicador digital de la máquina de ensayo, cuando el acero ensayado tiene un límite de fluencia bien definido.
- Cuando el acero ensayado no tiene un límite de fluencia bien definido, el límite de fluencia debe ser determinado por el método del corrimiento del 0.2% (offset), como se describe en el “Método de Ensayos y Definiciones de ASTM A370”.

Definición de deformación

La deformación es el cambio en las dimensiones o en la forma de un cuerpo debido a la acción de fuerzas externas o cargas. En el caso de una barra sometida a tracción o compresión, la deformación se expresa como la variación de su longitud original y se representa por ΔL .

$$\Delta L = L_f - L_o$$

donde:

L_o = longitud inicial (m, cm, pulg, mm)

L_f = longitud final (m, cm, pulg, mm)

ΔL = cambio de longitud (m, cm, pulg, mm)

La deformación se mide en unidades de longitud, como milímetros (mm), centímetros (cm) o metros (m).

Definición de deformación unitaria

La deformación unitaria es la relación entre la deformación de un elemento y su longitud original. Representa la deformación relativa del material y permite comparar el comportamiento de elementos de diferentes tamaños.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

donde:

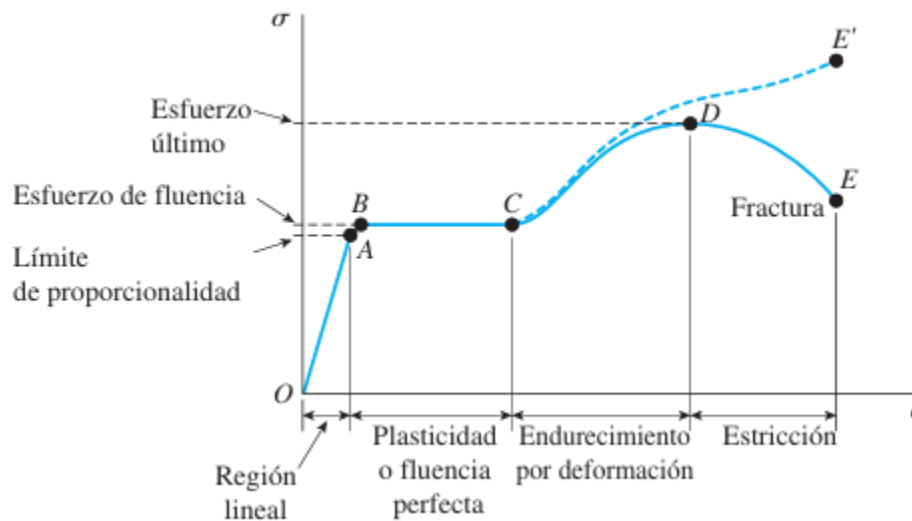
ϵ = deformación unitaria (adimensional)

ΔL = deformación o cambio de longitud

L_0 = longitud original

La deformación unitaria es una magnitud adimensional, ya que resulta de dividir una longitud entre otra longitud.

Gráfica Esfuerzo – Deformación Acero



El diagrama inicia con una línea recta desde el origen O hasta el punto A, que indica que la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria en esta región inicial no sólo es lineal sino también proporcional. Más allá del punto A, ya no existe la proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación unitaria; de aquí que al esfuerzo en A se le nombre límite de proporcionalidad.

La pendiente de la línea recta de O a A se denomina módulo de elasticidad. Debido a que la pendiente tiene unidades de esfuerzo dividido entre la deformación unitaria, el módulo de elasticidad tiene las mismas unidades que el esfuerzo.

Con un incremento en el esfuerzo más allá del límite de proporcionalidad, la deformación unitaria comienza a aumentar más rápidamente con cada incremento del esfuerzo. En consecuencia, la curva esfuerzo-deformación unitaria tiene una pendiente cada vez menor, hasta que en el punto B la curva se vuelve horizontal. A partir de este punto ocurre un alargamiento considerable de la muestra para ensayo sin un aumento notable en la fuerza de tensión (del punto B al C). Este fenómeno se conoce como fluencia del material y el punto B se denomina punto de fluencia. El esfuerzo correspondiente se conoce como esfuerzo de fluencia del acero. En la región de B a C el material se vuelve perfectamente plástico, lo cual significa que se deforma sin un aumento en la carga aplicada. El alargamiento de una muestra de acero dulce en la región perfectamente plástica usualmente es de 10 a 15 veces el alargamiento que ocurre en la región lineal.

Después de experimentar las grandes deformaciones unitarias que ocurren durante la fluencia en la región BC, el acero comienza a endurecerse por deformación. Durante el endurecimiento por deformación el material experimenta cambios en su estructura cristalina, resultando en una resistencia mayor del material ante una deformación adicional. La elongación de la muestra de ensayo en esta región requiere un aumento en la carga de tensión y, por tanto, el diagrama esfuerzo-deformación unitaria tiene una pendiente positiva de C a D. Al final, la carga llega a su valor máximo y el esfuerzo correspondiente (en el punto D) se denomina esfuerzo último. Un alargamiento adicional de la barra en realidad se acompaña de una reducción en la carga y la fractura finalmente ocurre en un punto como el E. El esfuerzo de fluencia y el esfuerzo último de un material también se denominan resistencia de fluencia y resistencia última, respectivamente.

Ejemplo de gráfica esfuerzo deformación:

Realizar la gráfica de esfuerzo – deformación, utilizando los siguientes valores iniciales del ensayo:

$L_t = 403\text{mm}$ (Longitud total inicial de la barra)

$L_c = 203\text{mm}$ (Longitud calibrada de la barra a ensayar)

$A = 162.56\text{ mm}^2$ (Área de la barra)

Se sometió a un ensayo a tracción a una barra y los resultados de fuerza y deformación se presentan en la tabla No. 1

No. De punto	Fuerza - Alargamiento	
	Δl (mm)	F(N)
1	0	827.3
2	0.072	3503.7
3	0.215	4111.9
4	0.286	8102.2
5	0.429	8613.1
6	0.501	13406.3
7	0.644	14038.9
8	0.716	18223.8
9	0.823	18929.4

Tabla No. 1: registro de fuerza y deformación

Para realizar la gráfica Esfuerzo – Deformación unitaria se debe encontrar cada esfuerzo provocado por la fuerza y al mismo tiempo la deformación unitaria. A continuación, se muestran los cálculos de algunos esfuerzo y deformaciones.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Se sabe inicialmente que la barra tiene un área de 162.56 mm² esto es constante en cada prueba, lo que va cambiando es la fuerza (F) que es la que va aumentando y por ende también la deformación (Δ). La longitud inicial de la barra antes de comenzar a deformarse es de L_c=203mm

Esfuerzo y Deformación unitaria del punto 1:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{827.3N}{162.56mm^2} = 5.09 \frac{N}{mm^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_c} = \frac{0 \text{ mm}}{203mm} = 0$$

Esfuerzo y Deformación unitaria del punto 2:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3503.7N}{162.56mm^2} = 21.55 \frac{N}{mm^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_c} = \frac{0.072mm}{203mm} = 0.0004$$

Esfuerzo y Deformación unitaria del punto 3:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4111.9N}{162.56mm^2} = 25.29 \frac{N}{mm^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_c} = \frac{0.215mm}{203mm} = 0.0011$$

Esfuerzo y Deformación unitaria del punto 4:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{8102.2N}{162.56mm^2} = 49.84 \frac{N}{mm^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_c} = \frac{0.286mm}{203mm} = 0.0014$$

En la tabla No. 2 se muestran los resultados de todos los puntos

ϵ (mm/mm)	Esfuerzo (N/mm ²)
0.0000	5.09
0.0004	21.55
0.0011	25.29
0.0014	49.84
0.0021	52.98
0.0025	82.47
0.0032	86.36
0.0035	112.11
0.0041	116.45

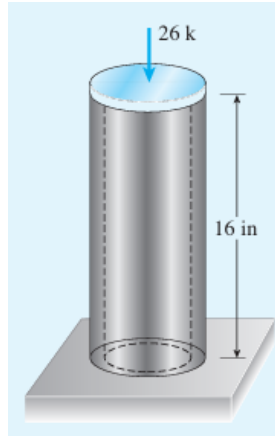
Tabla No. 2

Al encontrar el esfuerzo y la deformación unitaria de todos los puntos se realiza la gráfica, que es la que se muestra a continuación.



Ejemplo De Esfuerzo Y Deformación Unitaria

Un poste corto, construido con un tubo circular hueco de aluminio, soporta una carga de compresión de 26 kips. Los diámetros interior y exterior del tubo son $d_1 = 4.0$ in y $d_2 = 4.5$ in, respectivamente, y su longitud es 16 in. El acortamiento del poste debido a la carga es de 0.012 in. Determine el esfuerzo de compresión y la deformación unitaria en el poste.



Área del tubo:

$$A = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4}((4.5\text{in})^2 - (4\text{in})^2) = 3.338\text{in}^2$$

El esfuerzo de compresión en el poste es:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{26,000 \text{ Lb}}{3.338\text{in}^2} = 7790 \frac{\text{Lbf}}{\text{in}^2} (\text{psi})$$

La deformación unitaria de compresión es:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{0.012\text{in}}{16\text{in}} = 750 \times 10^{-6}$$

HOJA DE TRABAJO NO. 1

Con los siguientes datos obtenidos de un ensayo, realizar la gráfica de esfuerzo – deformación.

$L_t = 403\text{mm}$ (Longitud total inicial de la barra)

$L_c = 203\text{mm}$ (Longitud calibrada de la barra a ensayar)

$A = 162.56 \text{ mm}^2$ (Área de la barra)

Reportar (con los datos de la hoja de trabajo):

- Valor aproximado del límite de fluencia
- Valor aproximado del límite del esfuerzo máximo
- Valor real del esfuerzo de ruptura
- Gráfica de Esfuerzo – Deformación (Papel milimetrado)

Fuerza - Alargamiento	
Δl (mm)	F(N)
0	827.3
0.072	3503.7
0.215	4111.9
0.286	8102.2
0.429	8613.1
0.501	13406.3
0.644	14038.9
0.716	18223.8
0.823	18929.4
0.966	23357.7
1.074	24014.6
1.181	28880.8
1.288	29537.7
1.314	32895.4
1.539	33284.7
1.789	34014.6
2.111	33674
2.183	33674
2.469	33406.3
2.684	33601
2.934	33990.3
3.221	33260.3
3.543	34501.2
3.829	35060.8
4.044	35644.8
4.08	34282.2
4.223	33795.6
4.581	34330.9
4.903	33917.3
5.225	34111.9
5.475	33479.3
5.905	33965.9
6.78	34379.6

6.549	34720.2
6.728	34987.8
6.978	35571.8
7.157	35912.4
7.372	35304.1
7.586	35571.8
7.801	34817.5
8.016	35644.8
8.231	34987.8
8.481	34525.5
8.696	35206.8
8.946	35912.4
9.34	35206.8
9.877	35498.8
10.163	35231.1
10.342	35863.7
10.521	36545
10.879	34452.6
11.058	37177.6
11.344	37834.5
11.845	38442.8
12.561	39002.4
13.205	40000
14.314	40778.6
15.316	41970.8
15.996	42530.4
17.034	43236
19.217	44744.5
19.682	45644.8
21.042	46204.4
22.258	46788.3
23.26	47372.3
24.799	48223.8
25.801	48759.1
27.125	49440.4
27.984	49586.4

28.771	50073
30.596	50559.6
32.064	51070.6
35.463	52068.1
36.322	52287.1
37.575	52433.1
38.899	52773.7
41.475	53357.7
44.302	53820
47.487	54087.6
49.777	54379.6
54	54695.9
56.791	54914.8
59.404	55012.2
71.785	55012.2
74.541	54866.2
76.08	54598.5
77.01	54306.6
77.654	53965.9
78.37	53576.6
78.585	53187.3
78.763	52846.7
79.086	52554.7
79.3	52019.5
79.694	51216.5
79.98	50608.3
80.338	50732.4
80.839	48369.8
81.09	47177.6
81.483	46034.1
81.698	45012.2
81.877	43941.6
81.984	42968.4
82.342	40754.3

PRÁCTICA NO. 2 CONCRETO

1. Propósitos de la práctica.

- 1.1. Reconocer las generalidades de la norma técnica que rige al ensayo de cilindros de concreto.
- 1.2. Analizar e interpretar la gráfica de esfuerzo – deformación del concreto.
- 1.3. Calcular el valor teórico de la resistencia a compresión del concreto.

2. Marco teórico.

Norma Coguanor NTG 41017 h1

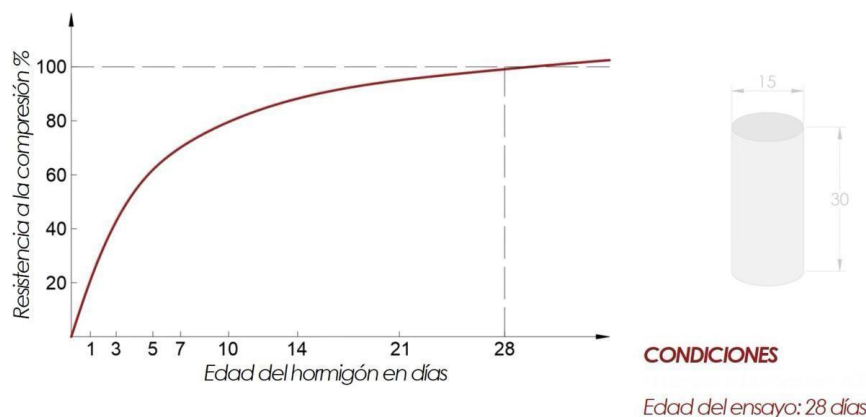
Esta norma está basada en la norma ASTM C 39 y trata de un método de ensayo, que sirve para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

Esfuerzo a la compresión del concreto:

Para estimar la resistencia del concreto, la norma ASTM C31 fórmula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo con la ASTM C39, Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

En la mayoría de los países la edad normativa en la que se mide la resistencia mecánica del concreto es la de 28 días, aunque hay una tendencia para llevar esa fecha a los 7 días. Es frecuente determinar la resistencia mecánica en periodos de tiempo distinto a los 28 días, pero suele ser con propósitos meramente informativos.

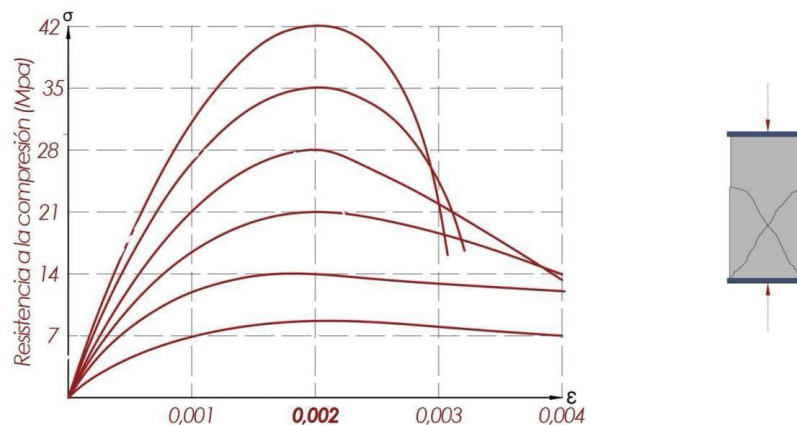


Gráfica esfuerzo – deformación del concreto:

El diagrama esfuerzo – deformación es una representación gráfica, que resulta de representar los esfuerzos que sufre un material en función de la deformación que experimenta al mismo tiempo. Este diagrama comprende varios puntos clave, en el caso del concreto, el punto máximo de la gráfica, nos representa el valor del f'_c , que es muy importante en el campo de la ingeniería civil.

El valor de f'_c , nos representa la capacidad de soporte a la compresión del concreto, el cual es utilizado para el diseño de elementos estructurales, tales como las columnas, vigas, losa, cimentaciones, etc.

Diagrama σ - ϵ Hormigón a compresión



Procedimiento:

Los ensayos de compresión de especímenes curados en aire húmedo deben ser hechos tan pronto como sea práctico después de sacarlos del almacenamiento húmedo.

Los especímenes de ensayo deben ser mantenidos húmedos por cualquier método conveniente durante el período entre que se sacan del almacenamiento húmedo y el ensayo. Deben ser ensayados en condición húmeda.

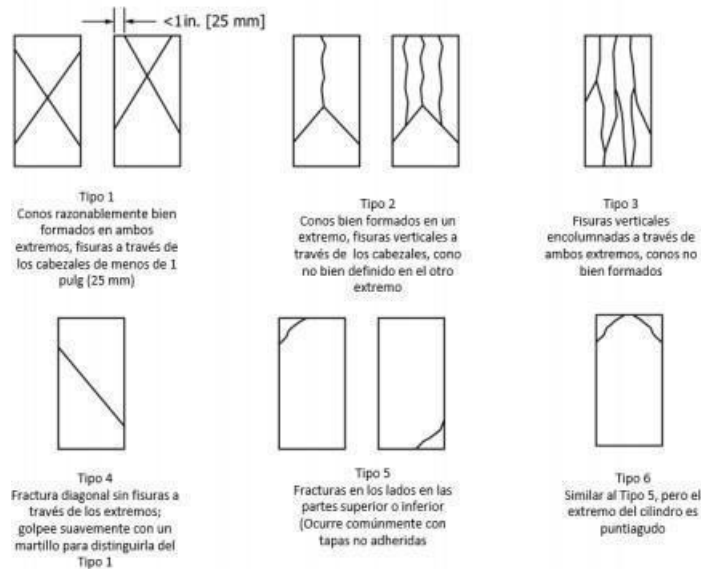
Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles.

Edades de ensayo y tolerancias admisibles	
Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0.5 horas
3 días	± 2 horas
7 días	± 6 horas
28 días	± 20 horas
90 días	± 2 días

Fuente: Norma COGUANOR NTG 41017 h1

La carga debe aplicarse a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de 0.25 ± 0.05 MPa/s. La velocidad de movimiento designada debe ser mantenida al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista.

Se aplica la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que la carga está decreciendo progresivamente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido.



Cálculos:

Se utiliza la misma ecuación de esfuerzo visto en la práctica No. 1

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

El ensayo para el concreto es a través de un cilindro por ende el área del cilindro es la de un círculo $A = \pi R^2 = (\pi D^2) / 4$. Se hacemos la sustitución de área en la ecuación de esfuerzo se tiene que:

$$\sigma = f'_c = \frac{F}{A}$$

Recuerde que el esfuerzo (σ) máximo que soporta el concreto se denomina f'_c = Esfuerzo máximo a compresión del concreto.

Ejemplo:

Para un espécimen cilíndrico de concreto de resistencia diseñada de 4000 psi, con un curado de 28 días al 100% de humedad con las siguientes dimensiones, calcule la resistencia a la compresión en MPa y en psi.

D = 6 pulgadas

H = 12 pulgadas

F = 52,000 Kgf (La fuerza máxima que soportó el cilindro antes de fallar)

Solución:

Como están pidiendo los resultados en Mpa (Mpa = mega pascales, Sistema internacional) y en Psi (sistema ingles) debemos realizar conversiones para representar los resultados en distintos sistemas. Recuerde que Pa=N/m² y Psi=Lbf/pulg²

$$F = 52,000 \text{ kgf} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 510,120 \text{ N} = 510,120 \text{ N}$$

$$F = 52,000 \text{ kgf} \cdot 2.2 = 114,400 \text{ lbf}$$

$$D = 6 \text{ pulg} = 0.1524 \text{ m}$$

Sistema internacional (Pa = N/m²)

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0.1524 \text{ m})^2}{4} = 0.01824 \text{ m}^2$$

$$f'_c = \frac{F}{A} = \frac{510,120 \text{ N}}{0.01824 \text{ m}^2} = 27\,967,105.26 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Por notación científica podemos representar el resultado como sigue:

$$f'_c = 27\,967,105.26 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 27.96 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 27.96 \text{ MPa}$$

Sistema inglés (Psi = Lbf/pulg²)

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (6 \text{ pulg})^2}{4} = 28.2743 \text{ pulg}^2$$

$$f'_c = \frac{F}{A} = \frac{114,400 \text{ Lbf}}{28.2743 \text{ pulg}^2} = 4046.07 \frac{\text{Lbf}}{\text{pulg}^2} = 4,046.07 \text{ Psi}$$

Se concluye que la muestra de concreto si alcanzó a los 28 días la resistencia requerida.

HOJA DE TRABAJO No. 2

Con los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión de una muestra cilíndrica de concreto a los 28 días, con un 100% de humedad y con una resistencia deseada de 5,000 psi, compruebe:

- a) Si la resistencia alcanzada es la deseada
- b) ¿Cuál es la Fuerza máxima de compresión en Kgf, si se hace un ensayo a los 14 días y se obtuvo una resistencia de 3,500 psi?

Resultados de la prueba:

$F = 141,371.67 \text{ lb}$ (Fuerza máxima soportada antes de fallar)

$D = 6$ pulgadas

$h = 12$ pulgadas

PRÁCTICA No. 3 MADERA

1. Propósitos de la Práctica.

- 1.1. Reconocer las propiedades mecánicas de la madera.
- 1.2. Adquirir conocimientos sobre los ensayos realizados en la madera.
- 1.3. Realizar los cálculos para obtener los valores de las propiedades mecánicas de la madera.

2. Marco Teórico:

La madera es un material con distinta elasticidad que depende de las direcciones de deformaciones. Se obtiene de los árboles que en su crecimiento muestra anillos según su crecimiento y en el lugar donde se encuentra será la dependencia de la resistencia y dureza que tendrá.

Propiedades mecánicas de la madera:

Estas propiedades determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas, alterando su tamaño, dimensión o deformación.

El conocimiento de las propiedades mecánicas se obtiene a través de ensayos, determinando los valores de los esfuerzos a los que puede ser sometida. La carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie.

Dimensiones efectivas de la madera (S4S)

Las dimensiones efectivas corresponden a las medidas reales que posee una pieza de madera después de haber sido procesada industrialmente. El término **S4S** (*Surfaced Four Sides*) significa que la madera ha sido cepillada en sus cuatro caras para obtener superficies lisas, uniformes y adecuadas para la construcción. Durante este proceso se elimina una pequeña cantidad de material, por lo que las dimensiones finales resultan menores que las dimensiones nominales con las que se comercializa la pieza. Debido a ello, en el diseño y análisis estructural se emplean las dimensiones efectivas, ya que permiten calcular con mayor precisión propiedades geométricas como el área, el momento de inercia y el módulo de sección, fundamentales para evaluar la resistencia y deformación de los elementos de madera. Ver tabla "propiedades de la madera estructural con dimensiones efectivas estándar S4S"

Ensayos:

Se realizan en dos estados de contenido de humedad, uno con probetas de humedad superior a 30% (estado verde), y el segundo con probetas de humedad al 12% (estado seco al aire).

- Compresión paralela a las fibras: Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad.

- **Compresión normal a las fibras:** Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.
- **Flexión estática:** Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

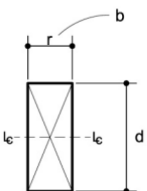
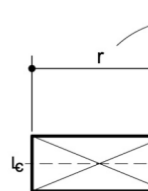
PROPIEDADES DE LA MADERA ESTRUCTURAL CON DIMENSIONES EFECTIVAS ESTANDAR S4S											
Dimensiones nominales b(pulgadas)d	Dimensiones estándares efectivas (S4S) b(pulgadas)d	Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > $\bar{S} =$	Peso aproximado	Dimensiones nominales b(pulgadas)d	Dimensiones estándares efectivas (S4S) b(pulgadas)d	Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > $\bar{S} =$	Peso aproximado
 						4 x 2	3-1/2 x 1-1/2	5.25	0.984	1.313	1.276
						4 x 3	3-1/2 x 2-1/2	8.75	4.557	3.646	2.127
						4 x 4	3-1/2 x 3-1/2	12.25	12.405	7.146	2.977
						4 x 5	3-1/2 x 4-1/2	15.75	26.578	11.843	3.828
						4 x 6	3-1/2 x 5-1/2	19.25	48.526	17.646	4.679
						4 x 8	3-1/2 x 7-1/4	25.375	111.148	30.661	6.168
						4 x 10	3-1/2 x 9-1/4	32.375	230.84	49.911	7.869
						4 x 12	3-1/2 x 11-1/4	39.375	415.283	73.828	9.57
						4 x 14	3-1/2 x 13-1/4	46.375	678.475	102.411	11.266
						4 x 16	3-1/2 x 15-1/4	53.375	1034.418	135.66	12.975
2 x 3	1-1/2 x 2-1/2	3.75	1.953	1.563	0.911	5 x 2	4-1/2 x 1-1/2	6.75	1.256	1.688	1.641
2 x 4	1-1/2 x 3-1/2	5.25	5.359	3.063	1.276	5 x 3	4-1/2 x 2-1/2	11.25	5.859	4.688	2.734
2 x 5	1-1/2 x 4-1/2	6.75	11.391	5.063	1.641	5 x 4	4-1/2 x 3-1/2	15.75	16.078	9.188	3.828
2 x 6	1-1/2 x 5-1/2	8.25	20.797	7.563	2.005	5 x 5	4-1/2 x 4-1/2	20.25	34.172	15.188	4.922
2 x 8	1-1/2 x 7-1/2	10.875	47.635	13.341	2.643	6 x 2	5-1/2 x 1-1/2	8.25	1.547	2.063	2.006
2 x 10	1-1/2 x 9-1/2	13.875	98.932	21.391	3.372	6 x 3	5-1/2 x 2-1/2	13.756	7.161	5.929	3.342
2 x 12	1-1/2 x 11-1/2	16.875	127.979	31.641	4.102	6 x 4	5-1/2 x 3-1/2	19.25	19.651	11.229	4.679
2 x 14	1-1/2 x 13-1/2	19.875	290.775	43.891	4.831	6 x 6	5-1/2 x 5-1/2	30.25	46.255	27.729	7.352
3 x 2	2-1/2 x 1-1/2	3.75	0.703	0.938	0.911	6 x 8	5-1/2 x 7-1/2	41.25	193.359	51.563	10.026
3 x 4	2-1/2 x 3-1/2	8.75	8.932	5.104	2.127	6 x 10	5-1/2 x 9-1/2	52.25	392.963	82.729	12.7
3 x 5	2-1/2 x 4-1/2	11.25	18.984	8.438	2.734	6 x 12	5-1/2 x 11-1/2	63.25	697.068	121.229	15.373
3 x 6	2-1/2 x 5-1/2	13.75	34.661	12.604	3.342	6 x 14	5-1/2 x 13-1/2	74.25	1127.672	167.063	18.047
3 x 8	2-1/2 x 7-1/4	18.125	79.391	21.931	4.405	6 x 16	5-1/2 x 15-1/2	85.25	1705.776	220.229	20.72
3 x 10	2-1/2 x 9-1/4	23.125	164.886	35.651	5.621	6 x 18	5-1/2 x 17-1/2	96.25	2456.38	280.729	23.394
3 x 12	2-1/2 x 11-1/4	28.125	296.631	52.734	6.836	6 x 20	5-1/2 x 19-1/2	107.25	3398.484	348.563	26.068
3 x 14	2-1/2 x 13-1/4	33.125	484.625	73.151	8.051	6 x 22	5-1/2 x 21-1/2	118.25	4555.086	423.729	28.741

Tabla: propiedades de la madera estructural con dimensiones efectivas estándar S4S

Norma ASTM D – 198 – 84: Flexión Estática

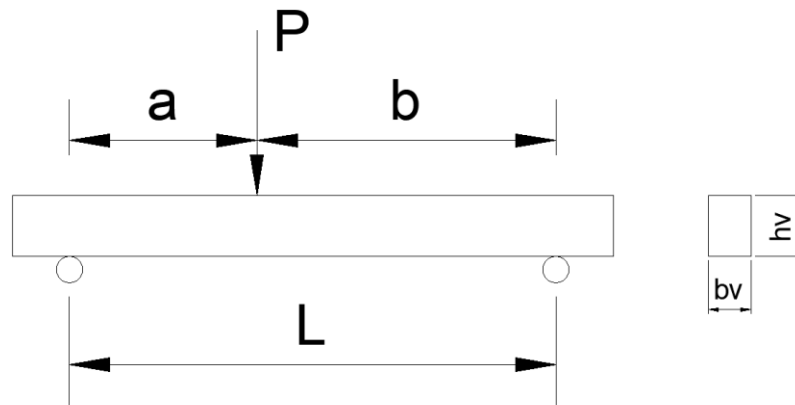
Con este método es posible determinar las propiedades mecánicas de las vigas estructurales de madera sólida, madera laminada y madera compuesta. El método, en sí, está proyectado, principalmente para secciones rectangulares transversales, pero también pueden aplicarse a vigas de forma redondas o irregulares, tales como: postes redondeados, vigas I u otras secciones especiales.

Resumen del ensayo:

La pieza estructural, usualmente una viga recta y de sección rectangular, está sujeta a un momento flexionante cuando el elemento se le aplican cargas transversales simétricamente impuestas entre las

reacciones. La viga es deflexionada a un valor y se hacen observaciones coordinadas de cargas y deflexiones hasta que ocurre la ruptura.

Para visualizar el método se muestra la siguiente figura:



Cálculos:

- **Esfuerzo de flexión:**

El módulo de ruptura se calcula con la ecuación siguiente:

$$f = \frac{M * C}{I}$$

Donde:

f = Esfuerzo de flexión.

M = Momento (ver anexo).

I = Momento de inercia de la sección.

C = Distancia entre el punto medio y la fibra más alejada inferior.

b_v = Ancho de la viga en cm.

h_v = Profundidad o peralte de la viga en cms.

$$I = \frac{1}{12} * b_v * h_v^3$$

$$C = \frac{h_v}{2}$$

- **Módulo de ruptura:**

El módulo de ruptura se calcula con la ecuación siguiente:

$$M.R = \frac{3 * P * a}{bv * hv^2}$$

Donde:

M.R. = Módulo de ruptura en kg/cm² P = Carga máxima en Kg.

a = Distancia desde la reacción al punto de carga más próxima en cm.

bv = Ancho de la viga en cm.

hv = Profundidad o peralte de la viga en cms.

- **Módulo de elasticidad:**

El módulo de elasticidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{P * a}{24 * \Delta * I} * (3L^2 - 4a^2)$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad en kg/cm²

P' = Cualquier carga dentro del intervalo proporcional en kg

a = Distancia desde la reacción al punto de carga más próximo en cm

bv = Ancho de la viga en cm

hv = Profundidad o peralte de la viga en cm

Δ = Deflexión en cm, provocada por la carga P'.

I = Momento de inercia de la viga = (1/12) * b * h³ (b y h son las dimensiones de la viga)

L = Luz o distancia entre reacciones en cm

Esfuerzo de corte:

El esfuerzo de corte se calcula con la siguiente ecuación:

$$E.C = \frac{1.5 * V}{bv * hv}$$

Donde:

E.C. = Esfuerzo de corte en kg/cm²

P = Carga máxima en kg

bv = Ancho de la viga en cm

hv = Profundidad o peralte de la viga en cm.

Porcentaje de humedad

El contenido de humedad se calcula con la siguiente ecuación:

$$C.H = \frac{(P_o - P_f) * 100}{P_f}$$

Donde:

C.H. = Contenido de humedad en porcentaje.

Po = Peso inicial de la muestra en gramos.

Pf = Peso final de la muestra en gramos.

Esfuerzo admisible

El esfuerzo admisible es el valor máximo de esfuerzo que se permite que soporte un material o elemento estructural durante su servicio normal, considerando un margen de seguridad para evitar fallas.

Esfuerzo actuante

El esfuerzo actuante (o esfuerzo real de trabajo) es el esfuerzo que realmente experimenta el elemento debido a las cargas aplicadas.

Relación entre esfuerzo admisible y esfuerzo actuante

Para que el diseño sea seguro, el esfuerzo actuante debe ser menor o igual que el esfuerzo admisible:

$$\sigma_{act} \leq \sigma_{adm}$$

- Si $\sigma_{act} < \sigma_{adm}$ El elemento trabaja de manera segura.
- Si $\sigma_{act} = \sigma_{adm}$ El elemento está en el límite permitido de diseño.
- Si $\sigma_{act} > \sigma_{adm}$ El elemento no cumple con el criterio de seguridad y podría sufrir deformaciones excesivas o fallar.

En el anexo B encontrará una tabla donde se muestran esfuerzos admisibles de diferentes tipos de tablas guatemaltecas.

EJEMPLO:

Calcule los esfuerzos actuantes y compárelos con los esfuerzos admisibles de la viga sometida a flexión, la viga es de madera de tipo caoba.

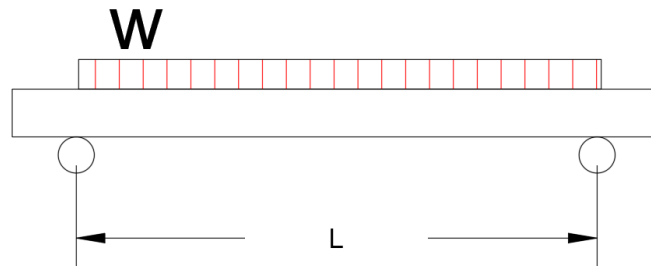
$$w = 15.08 \text{ Lbf/pulg}$$

$$a = 88.14 \text{ pulg}$$

$$bv = 4 \text{ pulg}$$

$$hv = 8 \text{ pulg}$$

$$L = 176.28 \text{ pulg}$$



Calculando el esfuerzo de flexión:

$$f = \frac{M * C}{I}$$

Como la carga es uniformemente distribuida usamos las ecuaciones para momento (M) y corte (V) del caso 2 (ver anexo A). La carga distribuida es $w=15.08 \text{ Lb/pulg}$ en la fórmula de momento debemos colocar la carga total, por lo tanto.

$$M = \frac{W * L}{8} = \frac{\left(15.08 \frac{\text{Lbf}}{\text{pulg}} * 176.28 \text{ pulg}\right) * 176.28 \text{ pulg}}{8}$$
$$M = 58,575.69 \text{ Lbf} - \text{pulg}$$

El esfuerzo de flexión es:

Según la tabla de dimensiones efectivas para una dimensión de 4pulgX8pulg es 3.5pulgX7.25Pulg

$$I = \frac{1}{12} * bv * hv^3 = \frac{1}{12} * 3.5 \text{ pulg} * (7.25 \text{ pulg})^3 = 111.147 \text{ pulg}^4$$

$$C = \frac{hv}{2} = \frac{7.25 \text{ pulg}}{2} = 3.625 \text{ pulg}$$

$$f = \frac{M * C}{I} = \frac{58,575.69 \text{ Lbf} - \text{pulg} * 3.625 \text{ pulg}}{111.147 \text{ pulg}^4} = 1910.41 \text{ Lbf/pulg}^2$$

El cortante de acuerdo al caso 2 (ver anexo A):

$$V = \frac{W}{2} = \frac{15.08 \frac{Lbf}{pulg} * 176.28 pulg}{2} = 1,329.15 Lbf$$

El esfuerzo cortante es; recuerde que se utilizan las dimensiones efectivas.

$$E.C = \frac{1.5 * V}{bv * hv} = \frac{1.5 * 1329.15 Lbf}{3.5 pulg * 7.25 pulg} = 78.57 Lbf / pulg^2$$

Comparando el esfuerzo de flexión y corte con los esfuerzos admisibles (ver anexo B)

Esfuerzo de flexión admisible = 160 Kg/cm² = 2,275.73 Lbf/pulg²

Esfuerzo cortante admisible = 10 Kg/cm² = 142.23 Lbf/pulg²

Esfuerzo de flexión actuante = 1,910.41 Lbf/pulg²

Esfuerzo cortante actuante = 78.57 Lbf/pulg²

En conclusión, la viga de madera es capaz de soportar las cargas aplicadas.

Cálculo del módulo de ruptura:

$$M.R = \frac{3 * P * a}{bv * hv^2} = \frac{3 * (\frac{15.08 Lbf}{pulg} * 176.28 pulg) * 88.14 pulg}{3.5 pulg * (7.25 pulg)^2} = 3,820.80 \frac{Lbf}{pulg^2}$$

HOJA DE TRABAJO No. 3

Dados los siguientes datos tomados en un ensayo a flexión de una viga de madera, realizar los siguiente:

- Calcular el módulo de elasticidad para cada carga aplicada a la viga.
- Calcule el porcentaje de humedad.
- Realizar la gráfica de carga – deflexión.

$L = 2.2 \text{ m}$

$h = 0.10\text{m}$

$b = 0.05\text{m}$

$P_o = 0.080 \text{ kg}$

$P_f = 0.045 \text{ kg}$

<u>DATOS</u>		
Lectura	P= Carga (kg)	Δ=Deflexión (cm)
1	0	0
2	50	9.3
3	100	9.5
4	150	9.8
5	200	10
6	250	10.2
7	300	10.4
8	350	10.6
9	400	10.9
10	450	11
11	500	11.5
12	550	11.9
13	600	12.2
14	650	12.9
15	700	13.3
16	750	13.8
17	800	14.2
18	850	14.5
19	900	14.8
20	915	15

PRÁCTICA No. 4 MAMPUESTOS

1. Propósito de la práctica:

- 1.1 Reconocer los ensayos realizados a los mampuestos.
- 1.2 Realizar los cálculos para conocer la resistencia de los mampuestos.
- 1.3 Comparar el valor teórico de resistencia con el valor real de la resistencia para comprobar si cumplen o no con las especificaciones técnicas.

2. Marco Teórico:

Ensayo a compresión a ladrillos de barro cocido:

Este ensayo está diseñado para realizarse sobre mampuestos fabricados con barro o arcilla, mezclado con otros materiales, o solamente el barro moldeado o extruido en forma rectangular, cocido por medio de un horno.

Procedimiento:

1. Medir la longitud de las dos caras mayores y de las dos caras laterales en los puntos medios de cada arista anotando los cuatro valores de lecturas aproximadas al milímetro más cercano. El promedio de estos valores, aproximarlos a una cifra decimal, para tener un solo dato.
2. Medir el ancho de los extremos y de las dos caras mayores del ladrillo, en el punto medio de cada arista, repetir el proceso del promedio.
3. Medir la altura de las aristas de las caras laterales y los extremos, anotando los valores de las lecturas aproximadas al milímetro más cercano, repetir el proceso del promedio.
4. Tomar la masa natural de cada ladrillo.
5. Nivelar con yeso o azufre las dos superficies del ladrillo, que soportarán la carga distribuida de compresión.
6. Colocar el ladrillo nivelado, buscando el centroide del sistema de la máquina, donde se le aplicará la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, a una velocidad conveniente; aplicando la carga restante a una velocidad uniforme pero no menos de 1 minuto y sin exceder 2 minutos hasta la carga máxima a compresión.
7. Sumergir una fracción del ladrillo en agua limpia a una temperatura entre 15°C y 30°C durante 24 horas, al cumplir su tiempo se retira del agua, eliminando el agua de la superficie con un paño, antes que transcurran cinco minutos, tomar la masa húmeda.
8. Secar la fracción del ladrillo a 230 +/- 9°F (110 +/- 5°C) durante 24 horas, enfriar la muestra a 32°C durante 4 horas mínimo; hasta poder palparla, tomar la masa seca.

Cálculos:

Longitud (Lp): Promedio de longitudes en cm

Ancho (Ap): Promedio de los anchos en cm

Altura (Hp): Promedio de las alturas en cm

Área bruta paralela (Abp)

$$Abp = Lp * Ap$$

Esfuerzo de compresión (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{F}{Apb}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de compresión en MPa

F = Carga a compresión en kg

Apb = Área bruta paralela en cm²

Porcentaje de absorción (%ABS)

$$\%ABS = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

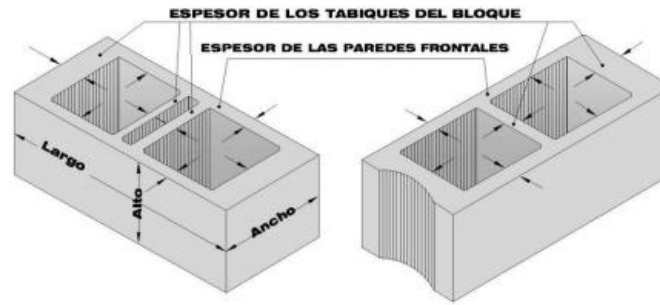
Donde:

%ABS = Porcentaje de absorción en %

Mh = Masa húmeda en kg

Ms = Masa seca en kg

Ensayo a compresión para bloques huecos de concreto, coguanor ntg 41054



Terminología

- **Bloque hueco de concreto** – Es un elemento simple, hecho de concreto, en forma de prisma, con uno o más huecos transversales en su interior, de manera que: a) El área neta del elemento sea de un 50% a un 75% del área bruta del elemento, y b) Cuando es usado en un muro, forma cavidades internas con un área total en el plano horizontal, de más del 25% pero no más del 50% del área de la sección transversal horizontal del muro. **Medidas principales** – Se entiende por medidas principales del bloque, el ancho, el alto y el largo del mismo.
- **Área bruta** – Es la superficie normal al eje del o de los huecos, sin descontar la superficie del o de los huecos, normal a su eje; es decir, es el producto del largo por el ancho del bloque.
- **Área neta** – Es igual a la superficie bruta menos la superficie de los huecos, y se calcula multiplicando el área bruta por la relación del volumen neto al volumen bruto y también dividiendo el volumen neto entre la altura del bloque.
- **Volumen neto** – Es el volumen del bloque calculado de dividir la masa seca del bloque, entre la densidad aparente del mismo
- **Volumen bruto** – Es el volumen del bloque, calculado con sus medidas principales.
- **Porcentaje de área neta** – Es la relación del volumen neto del bloque al volumen total o bruto del mismo multiplicado por 100.

Clasificación, Designación Y Uso

La clasificación se realiza por la resistencia a compresión y por el porcentaje de absorción máxima de humedad determinados como:

- **Clase A.** Uso estructural con baja absorción de humedad – Para uso en muros exteriores ó interiores que soportan carga por debajo o sobre el nivel del suelo. Muros de contención, muros de cimentación, muros de división que soportarán carga. Para edificaciones con áreas mayores de 100 m² de construcción, de uno o dos niveles. Para edificaciones de más de dos niveles se debe cumplir con los requisitos de diseño estructural de la Norma AGIES NSE 7.4, Requisitos para edificaciones de mampostería estructural. Los bloques pueden usarse con o sin recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo.

- **Clase B.** Uso general con mediana absorción de humedad – Muros exteriores ó interiores que soportan carga sobre el nivel del suelo, para edificaciones con un área máxima de 100 m² de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles. Los bloques externos ó expuestos deben usarse con recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo
- **Clase C.** Uso no estructural con alta absorción de humedad. Muros exteriores ó interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 m² de construcción con distribución simétrica. También para muros colindantes entre terreno. Si son muros exteriores debe aplicárseles un recubrimiento o acabado protector contra las inclemencias del tiempo.

Características físicas y mecánicas

Resistencia a la compresión – Los bloques huecos de concreto, deben cumplir con la resistencia especificada en la Tabla.

Clase	Resistencia mínima ^A a compresión, calculada sobre área neta del bloque (1) kg/cm ² (Mpa)	
	Promedio de 5 bloques ó más	Mínimo de bloque individual ^B
A	133.0 (13.0)	113.0 (11.1)
B	100.0 (9.8)	85.0 (8.3)
C	66.0 (6.5)	56.0 (5.5)

Máxima absorción de agua – La máxima absorción de agua de los bloques huecos de concreto, en 24 horas, será la que se indica en la Tabla 2:

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 bloques como mínimo	Valor máximo Bloque Individual
A	≤ 10	11.0
B	≤ 15	16.5
C	≤ 20	22.0

Clasificación por densidad (masa unitaria) – Los bloques huecos de concreto, completamente secos al horno y de acuerdo a la masa del concreto, se clasifican de la siguiente manera:

Clase	Bloques	Densidad
A	Pesado	$> 2000 \text{ kg/m}^3$ (125 lb/pie^3)
B	Medio	Igual ó mayor a 1680 kg/m^3 , pero menor de 2000 kg/m^3 (125 lb/pie^3)
C	Liviano	$< 1680 \text{ kg/m}^3$ (105 lb/pie^3)

Adoquín

Los adoquines son elementos macizos de concreto, prefabricados con forma de prisma recto, cuyas bases son polígonos que permiten conformar una superficie completa.

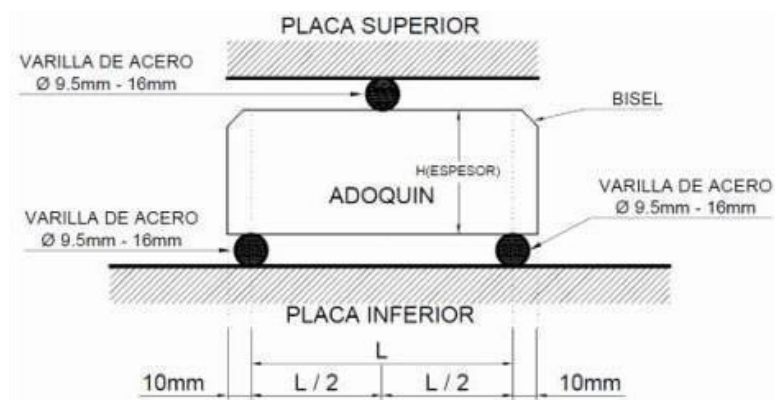
Los adoquines son sometidos a dos tipos de carga, que dependen del tipo de vehículos que transiten sobre él, como es la carga a flexión al transitar motocicletas y la de compresión al transitar camiones o automóviles.

Procedimiento:

El adoquín se debe colocar en la máquina de ensayo con la superficie de desgaste hacia arriba. Como apoyos y elemento de transmisión de carga se deben utilizar tres barras lisas de acero del mismo diámetro, el cual debe estar comprendido entre 9.5 mm y 16.00 mm y con una longitud igual o mayor que el ancho respectivo del adoquín en el eje de contacto.

Las barras de apoyo se deben colocar paralelas entre sí, perpendiculares al eje mayor del rectángulo inscrito y con la proyección vertical de su eje (punto de apoyo) 10 mm hacia adentro de los lados menores del rectángulo inscrito.

La barra para la transmisión de carga se debe colocar en la superficie del desgaste sobre la proyección del eje menor del rectángulo inscrito, como lo indica la figura. El adoquín se debe someter a una carga con una velocidad que produzca un aumento en el esfuerzo cercano a 0.5 MPa por segundo.



Esfuerzo a flexión (σ_{flex})

$$\sigma_{flex} = \frac{3 * P * L}{2 * b * h^2}$$

Donde:

σ_{flex} = Esfuerzo a flexión en kg/cm²

P = Carga máxima aplicada, en N

L = Distancia entre los ejes de los apoyos, expresado en cm

b = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito en cm

h = Altura del adoquín en cm

Esfuerzo a compresión (σ_{comp})

$$\sigma_{comp} = e^{(3.89486 + 0.03417 * \sigma_{flex})}$$

Ejemplo:

Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión para un bloque de concreto clase C (35 kg/cm²), calcular el esfuerzo a compresión que resiste el bloque y el % de absorción.

<u>DATOS</u>									
Longitud (cm)		Altura (cm)		Ancho (cm)		Carga (kg)	Masa húmeda (kg)	Masa seca (kg)	
39	38.9	19.1	18.9	13.8	13.9	26,000	9.75	8	

Para el esfuerzo de compresión

Cálculo de longitud promedio (LP), altura promedio del bloque (Hp) y ancho promedio (Ap)

$$Lp = \frac{39cm + 38.9cm}{2} = 38.95cm$$

$$Hp = \frac{19.1cm + 18.9cm}{2} = 19cm$$

$$Ap = \frac{13.8cm + 13.9cm}{2} = 13.85cm$$

Con las dimensiones promedio se calcula el área bruta paralela (Abp)

$$Abp = Lp * Ap = 38.95cm * 13.85cm = 539.46 cm^2$$

Cálculo del esfuerzo a compresión con respecto al área bruta del bloque de concreto.

$$\sigma_{com} = \frac{F}{Abp} = \frac{26000 Kg}{539.46 cm^2} = 48.19 Kg/cm^2$$

Para el porcentaje de absorción:

$$\%ABS = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

$$\%ABS = \frac{9.75kg - 8Kg}{8Kg} * 100 = 21.88\%$$

HOJA DE TRABAJO NO. 4

1. Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión para un ladrillo tayuyo que tiene una resistencia a compresión de 91 kg/cm^2 de barro cocido, calcular el esfuerzo a compresión que resisten y el % de absorción. Indicar si el ladrillo ensayado, cumple con la resistencia deseada

<u>DATOS</u>									
Longitud (cm)		Altura (cm)		Ancho (cm)		Carga (kg)	Masa húmeda (kg)	Masa seca (kg)	
28.9	28.8	8.9	9.1	14.1	14.2	40,000	4.09	3.85	
23.1	22.9	6.4	6.5	11.1	11	20,000	3.05	3	

2. Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a compresión para un bloque de concreto clase A (70 kg/cm^2), calcular el esfuerzo a compresión que resiste el bloque y el % de absorción.

<u>DATOS</u>									
Longitud (cm)		Altura (cm)		Ancho (cm)		Carga (kg)	Masa húmeda (kg)	Masa seca (kg)	
39.1	38.9	19	18.9	13.9	14	40,000	9.60	8.2	

3. Para los siguientes datos obtenidos de un ensayo a flexión para un adoquín con una resistencia a compresión de 55 kg/cm^2 , calcular el esfuerzo a compresión que resiste el adoquín y el esfuerzo a flexión.

<u>DATOS</u>			
Carga (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)
1,200	22.3	16.1	10.1

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 36011. *Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Especificaciones*. Norma Técnica Guatemalteca, 2013. 17p.
- Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía, 41017 h1. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto*. Norma Técnica Guatemalteca, 2017. 23p.
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, *Determinación de los esfuerzos de diseño de vigas laminadas de pino caribe (Pinus caribaea var. Hondurensis) Encoladas con adhesivo de isocianato (MDI)*. 1984. 30

ANEXO

Anexo A: Diagrama de momentos y cortantes en vigas.

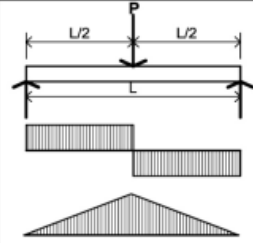
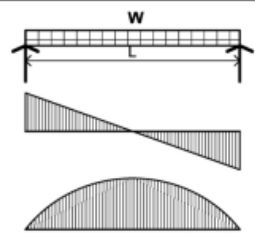
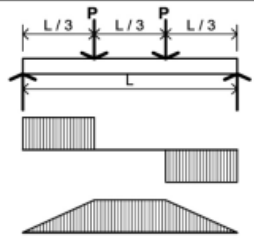
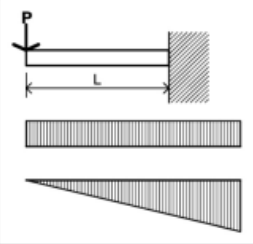
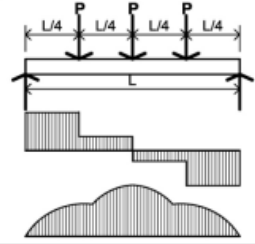
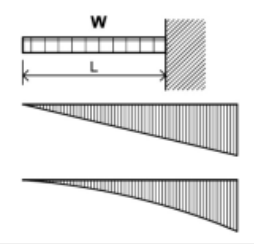
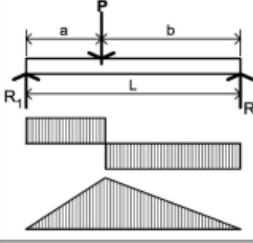
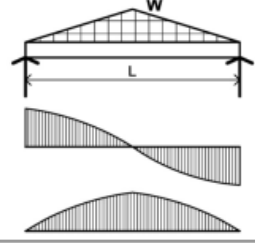
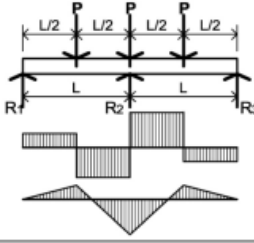
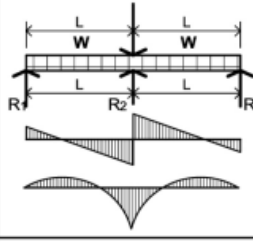
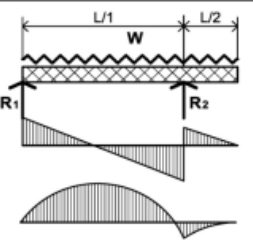
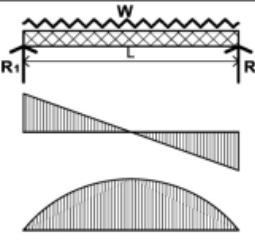
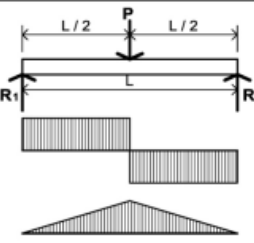
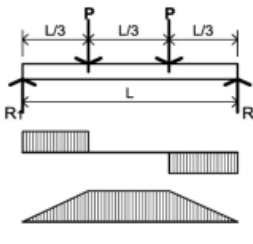
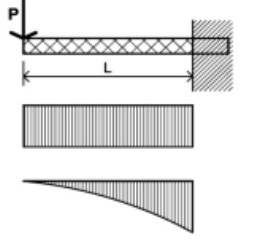
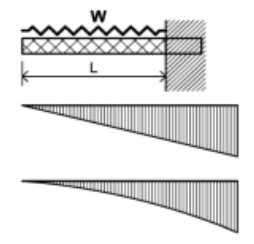
 $M = \frac{P L}{4}$ $V = \frac{P}{2}$ $\Delta = \frac{P L^3}{48 E I}$ $CTE = 2P$ Caso 1	 $M = \frac{W L}{8}$ $V = \frac{W}{2}$ $\Delta = \frac{5 W L^3}{384 E I}$ Caso 2	 $M = \frac{P L}{3}$ $V = P$ $\Delta = \frac{23 P L^3}{648 E I}$ $CTE = 2.67 P$ Caso 3
 $M = P L$ $V = P$ $\Delta = \frac{P L^3}{3 E I}$ $CTE = 8 P$ Caso 4	 $M = \frac{P L}{2}$ $V = \frac{3 P}{2}$ $\Delta = \frac{19 P L^3}{384 E I}$ $CTE = 4 P$ Caso 5	 $M = \frac{W L}{2}$ $V = W$ $\Delta = \frac{W L^3}{8 E I}$ $CTE = 4 W$ Caso 6
 $R_1 = \frac{P b}{L}$ $R_2 = \frac{P a}{L}$ $M = \frac{P a b}{L}$ $V = \frac{P b}{L} \quad (a < b)$ Caso 7	 $M = \frac{W L}{6}$ $V = \frac{W}{2}$ $\Delta = \frac{W L^3}{60 E I}$ $CTE = 1.33$ Caso 8	 $R_1 = R_3 = \frac{5}{16} P$ $R_2 = \frac{22}{16} P$ $V \max. = \frac{11}{16} P$ $M \max. = \frac{3}{16} P L$ $CTE = 1.5 P$ Caso 9
 $R_1 = R_3 = \frac{3}{8} W$ $R_2 = \frac{10}{8} W$ $V \max. = \frac{5}{8} W$ $M \max. = \frac{1}{8} W L$ $CTE = W$ Caso 10	FORMULAS + DIAGRAMAS DE MOMENTOS y CORTE FUENTE: RECOPIACION DE INFORMACION DE MATERIAL DIDACTICO DEL ING. MARCOS MEJIA Curso: Calculo Estructural II Facultad de Arquitectura USAC-2008	

TABLA 4.4.1

 $M = \frac{P L}{4}$ $V = \frac{P}{2}$ $\Delta = \frac{P L^3}{48 E I}$ $CTE = 2P$ Caso 11	 $M = \frac{W L}{8}$ $V = \frac{W}{2}$ $\Delta = \frac{5 W L^3}{384 E I}$ Caso 12	 $M = \frac{P L}{4}$ $\Delta = \frac{P L^3}{48 E I}$ $R_1 = R_2 = \frac{P}{2} \quad V = \frac{P}{2}$ Caso 13
 $R_1 = R_2 = P$ $V \max. = P$ $M \max. = \frac{P L}{3}$ $\Delta = \frac{23 P L^3}{648 E I}$ Caso 14	 $M = P L$ $V = P$ $\Delta = \frac{P L^3}{3 E I}$ $CTE = 4 W$ Caso 15	 $M = \frac{W L}{2}$ $V = W$ $\Delta = \frac{W L^3}{8 E I}$ $CTE = 4 W$ Caso 16

Anexo B: Tabla de esfuerzos admisibles para maderas guatemaltecas

ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUATEMALTECAS APLICABLES A MADERA VERDE O POCA SAZONADA Y MADERA SECA AL AIRE (a); (b); (c)											
ESPECIE	PESO SECO APARENTE gr/cm3	FLEXION ESTATICA kg/cm2	MODULO DE ELASTICIDAD kg/cm2	COMPRESION PARALELA kg/cm2	COMPRESION PERPENDICULAR kg/cm2	TENSION PARALELA kg/cm2	TENSION PERPENDICULAR kg/cm2	CORTE PARALELO kg/cm2	CLIVAJE kg/cm2	DUREZA kg.	EXTRACCION DE CLAVOS kg.
CAOBA	0.48	160	0.76x10 ⁵	70	45	125	7	10	16	265	30
CEDRO	0.43	95	0.46x10 ⁵	40	35	80	10	7	16	180	19
CENICERO	0.61	130	0.72x10 ⁵	65	45	100	10	10	11	350	30
CHICHIPATE	0.72	210	1.20x10 ⁵	105	55	160	10	15	25	730	55
CIPRES	0.51	160	0.75x10 ⁵	70	23	160	7	7	8	225	19
CONACASTE	0.42	95	0.56x10 ⁵	35	20	90	10	7	9	195	9
PALO VOLADOR	0.65	165	1.05x10 ⁵	75	35	155	10	11	24	430	50
PINO PSEDOSTROBUS	0.50	120	0.80x10 ⁵	70	30	190	8	10	15	230	
PINO CARIBEIA	0.52	125	1.00x10 ⁵	85	15	200	6	15	7	110	10
PINO OOCARPA	0.57	200	1.19x10 ⁵	90	23			20		85	

OBSERVACIONES:

a) SOLO SE PERMITEN INCREMENTOS SOBRE ESTOS ESFUERZOS, PARA MADERA SECA AL AIRE EN CASO QUE LAS PIEZAS SEAN DE GROSOR DE 10CMS.

b) COLUMNA 6: SE SUGIERE TOMAR PARA TENSION PARALELA LOS VALORES DE FLEXION (COLUMNA 2).

c) PARA OBTENR ESFUERZOS PERMISIBLES, DEBEN CORREGIRSE LOS DATOS DE ESTE CUADRO (Ver cuadro A, B, C).

FUENTE:

* TABLA No. 1 ; ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUATEMALTEACAS, DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES.
BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.