

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICAS DEL

**LABORATORIO DE  
MATERIALES**

MIGUEL MADINAVEITIA J.

DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL, TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA  
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



FACULTAD DE INGENIERIA

APUNTE  
135-A  
1985  
G.-605522

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



\*605522\*

## *Introducción*

La principal finalidad de este folleto es informar a los profesores de mecánica de materiales y de construcción cuáles son los objetivos de las clases que se imparten en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería relativas a estas materias.


Como información secundaria se resume la forma para desarrollar cada clase, así como el equipo y material que se requiere.

Los objetivos son de diferentes tipos. En algunas clases se pretende exhibir a los alumnos propiedades importantes de los materiales y la forma en que se pueden determinar en el laboratorio (*Práctica 1*).

En otras clases se presentan ejercicios que les ayuden a la comprensión de fenómenos físicos que están aprendiendo a cuantificar con las lecciones que reciben en las aulas (*Prácticas 2 y 3*). En otras se muestra el manejo de aparatos y equipos, algunos de uso frecuente como la soldadura (*Práctica 9*) y otros de uso más restringido como los deformímetros (*Práctica 3*).

Muchas de las clases persiguen simultáneamente más de un objetivo, pero en todas ellas existe un objetivo esencial: presentar cómo un laboratorio de materiales puede auxiliar a la profesión de la ingeniería civil en los conceptos de investigación, bases de diseño, construcción y control de calidad.

Una enseñanza que se recibe al ejecutar las pruebas que se efectúan en casi todas las clases es la observación de las diferencias que existen entre los resultados experimentales y los obtenidos con un cálculo teórico. Seguramente es de utilidad para que los alumnos aquilaten la importancia de los márgenes de seguridad con que deben diseñarse las construcciones en diferentes casos.

 605522

Las clases se han diseñado para cubrir estos objetivos en una forma que pretende ser lo más sencilla posible, sin involucrar ideas difíciles y evitando, en lo posible, cálculos numéricos. Los objetivos concretos de las prácticas han ido siendo solicitados por la dirección de Ingeniería Civil en la Facultad en el curso de varios años y el desarrollo de cada una ha sido ideado y establecido por el autor de este folleto.

Febrero 1985

Ing. Miguel Madinaveitia J.

*Práctica No. 1*

**CARGA AXIAL**

**ASIGNATURA:**

Mecánica de materiales I

**OBJETIVO:**

1. Dar a conocer las actividades que se realizan en el laboratorio de materiales y mostrar los equipos con que éste cuenta.
2. Presentar y analizar las pruebas de tensión del acero y de compresión del concreto para que los alumnos conozcan sus principales propiedades mecánicas y se familiaricen con las curvas esfuerzo-deformación.

**EQUIPO:**

Máquina universal Baldwin, extensómetro eléctrico, cartulinas con gráficas del acero, de otros metales y del concreto.

**MATERIAL:**

Probeta de tensión de acero y cilindro de concreto cabeceado con azufre.

**DESARROLLO:**

1. Se describirá el funcionamiento y servicio de la máquina universal Baldwin, del equipo Amsler para pruebas de fatiga y breve reseña de otras máquinas del laboratorio.
2. Se obtendrá la gráfica esfuerzo-deformación de una probeta de acero estructural siguiendo las normas ASTM. Observaciones sobre  $f_y$ : su importancia y forma de cuantificarlo. Observaciones sobre el comportamiento del acero en su rango elástico, en su fluencia y en su endurecimiento. Ductilidad. Módulo de elasticidad del acero. Gráficas obtenidas en otros aceros y metales.

3. Rotura de un cilindro de concreto en prueba estándar para obtener su resistencia a la compresión. Definición de  $f'c$ . Breve resumen de cómo se lleva a cabo toda la prueba desde el muestreo hasta la rotura. Se exhibirán gráficas esfuerzo deformación obtenidas previamente. Se comentará sobre su forma, sobre los valores del módulo de elasticidad obtenido en esta prueba rápida y sobre otra que se llevase a largo plazo; su relación con la resistencia y sobre la constancia de la deformación en la rotura.

## TORSIÓN

### ASIGNATURA:

Mecánica de materiales I

### OBJETIVO:

1. Mostrar en pruebas físicas el comportamiento de piezas cilíndricas y prismáticas sometidas a torsión.
2. Realizar un ejercicio con las fórmulas establecidas, calculando, por medio del ensaye de una probeta cilíndrica de acero, el valor del módulo de rigidez, del esfuerzo cortante de fluencia y del módulo de Poisson de este material.
3. Verificar las fórmulas y coeficientes establecidos por la teoría elástica en el cálculo de la deformación de una pieza de sección rectangular.

### EQUIPO:

Máquina y deformímetro de torsión, segueta montada para ser sometida a torsión.

### MATERIAL:

Piezas de gis, tubo de 3/4" con superficie dibujada en cuadrados, probeta de acero prisma y cilindro de hule con cuadrícula, gráfica  $\tau - \gamma$  del acero.

### DESARROLLO:

Se comentará cómo se obtienen en las pruebas de torsión del laboratorio las constantes de un material relativas a su deformación por cortante. Se

recordará cuál es el estado de esfuerzos en la superficie y el interior de piezas sometidas a torsión, exhibiendo la deformación que la acompaña en un cilindro y un prisma de sección cuadrada. Se romperá un gis por torsión aplicada con las manos y se explicará la forma helicoidal de la rotura; se deformará un tubo en la máquina y se observará cómo su deformación es primeramente elástica y después plástica, produciéndose al final un pandeo local en su pared.

Se obtendrá la curva momento de torsión vs deformación por rotación entre dos secciones en una pieza cilíndrica de acero y se comentará sobre su rango elástico y la deformación residual que tiene si se descarga habiendo superado su esfuerzo de fluencia. Se continuará la prueba hasta la rotura del espécimen. Con los datos de esta prueba se calculará el esfuerzo de fluencia del acero, su módulo de rigidez y su módulo de Poisson.

Se comentarán brevemente los problemas del cálculo de la distribución de esfuerzos cortantes en la sección de una pieza prismática torsionada; su analogía con la membrana y con el montón de arena. Se torsionará una segueta en la que se observará su deformación y, aplicando la teoría y los coeficientes establecidos, se comprobará la concordancia entre la teoría y la realidad práctica en la segueta que geométrica y elásticamente es casi perfecta.



## FLEXIÓN

### ASIGNATURA:

Mecánica de materiales I

### OBJETIVO:

1. Ejercitar en los alumnos los conceptos y los cálculos elásticos fundamentales relativos a la flexión, es decir, ejercitar el uso de la fórmula de la esquadría.
2. Presentar a los alumnos la manera de medir deformaciones muy pequeñas con deformímetros mecánicos y eléctricos, destacando la utilidad que estas mediciones pueden tener en una construcción.
3. Mostrar la prueba del módulo de rotura del concreto.
4. Demostrar que los cálculos basados en conceptos elásticos no pueden predecir correctamente las cargas de rotura y la resistencia a la tensión en esta prueba.

### EQUIPO:

Máquina universal, vigueta de acero instrumentada, elementos para cargarla en cantiliver, deformímetro mecánico, puente de Winstone, dispositivo de carga para el módulo de rotura, cartulinas MR vs  $f'c$  y cálculos de la vigueta de acero.

### MATERIAL:

Vigueta de concreto simple de 6" x 6" para el módulo de rotura.

### DESARROLLO:

1. La vigueta de acero instrumentada con dos straingages estará sujeta

en cantiliver, empleando la máquina universal como empotramiento. Se cargará en su extremo libre con una carga concentrada y se calculará la deformación que se debe producir entre dos puntos de su superficie superior (o inferior) situados cerca del empotramiento. Se confrontará este resultado con la medición que se haga con el deformímetro mecánico. Se observarán las deformaciones entre puntos a diferentes distancias del eje neutro que confirmarán la validez de la fórmula de la esquadría.

2. Se explicará el funcionamiento del deformímetro mecánico, la forma de manejarlo, las precauciones que deben tomarse al hacerlo y la precisión que puede esperarse. Después se explicarán las bases del funcionamiento de los straingages y del puente de Winstone a que se encuentran conectados, se cargará la vigueta y se observarán las deformaciones que se acusarán en ellos. Se comentará algo sobre la forma en que deben emplearse y su precisión.
3. Se hará un ensaye de módulo de rotura de una viga de concreto simple de acuerdo con las normas ASTM, explicando la prueba y las razones de su uso para pavimentos rígidos.
4. Se comentará la forma de calcular el módulo de rotura y se comparará con el procedimiento para realizar una prueba de tensión directa. Se presentará una prueba de resistencia a la tensión brasileña y se expondrán los conceptos en que se basa. Se comentará de manera general sobre las tres formas de obtener la resistencia a la tensión del concreto y, comparando sus valores, se explicará que los cálculos elásticos no predicen correctamente las cargas de rotura.

*Práctica No. 4*

**CORTANTE**

**ASIGNATURA:**

Mecánica de materiales II

**OBJETIVO:**

1. Presentar un ejercicio sobre el cálculo de esfuerzo cortante en una viga de madera laminada previendo la carga que hará fallar a la unión de las dos piezas que la forman.
2. Hacer una experiencia que define la posición del centro de cortante en un perfil de acero en cantiliver de sección asimétrica.

**EQUIPO:**

Máquina universal Baldwin con aditamentos de flexión y cortante para ensaye en madera, perfil mon-ten con micrómetros.

**MATERIAL:**

Probetas para cortante de madera, de madera pegada con papel y viga laminada de dos piezas pegadas con papel intermedio.

**DESARROLLO:**

1. Se comentará brevemente cómo se emplea el concepto de esfuerzo cortante en el cálculo de elementos estructurales de acero, concreto y madera. Se explicarán las razones por las que se hará el ejercicio en una viga laminada en la que la ruptura se presentará en el papel pegado entre las piezas. Se obtendrán las resistencias al cortante en el papel de la probeta de cortante (figura 1) y en el de la viga laminada mediante pruebas de carga. Se compararán los dos resultados aplicando la teoría adecuada.
2. En un perfil mon-ten asimétrico empotrado en un extremo en forma

de cantiliver se localizará el punto en que se debe apoyar una carga concentrada en el otro extremo para producir una flexión que no venga acompañada por torsión de la pieza. Se comparará la posición de este punto con la acotada como centro de cortante teórico proporcionado en el manual de la laminadora que produce estos perfiles.

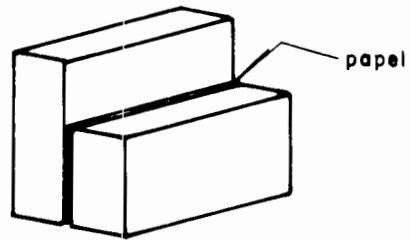


Figura 4.1. Probeta de Cortante

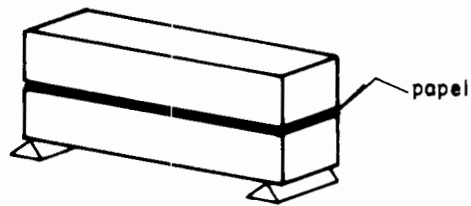


Figura 4.2. Viga laminada

## TRABES DE CONCRETO

**ASIGNATURA:**

Mecánica de materiales II

**OBJETIVO:**

Exhibir los fenómenos que se presentan en vigas de concreto reforzado sometidas a flexión y a fuerzas cortantes (en forma cualitativa) por medio de transparencias tomadas en ensayos realizados en laboratorio en piezas especialmente diseñadas.

**EQUIPO:**

Vigas con refuerzo usual rotas por flexión, transparencias y proyector.

**MATERIAL:**

Ninguno.

**DESARROLLO:**

Se presentarán las piezas rotas por flexión, explicando la finalidad que persigue el refuerzo que tienen y que se ha puesto a la vista rompiendo las trabes. Se explicará cómo son las fallas de trabes sub y sobrerreforzadas sometidas a flexión.

Se proyectarán las transparencias en las que se señalará cómo se deforman y agrietan las trabes al incrementar las cargas y cómo el refuerzo colocado impide ser falla total. Las transparencias corresponderán a cuatro ensayos.

El primer ensaye será el de una viga sobrerforzada simplemente apoyada en que se comprobará su comportamiento plástico y su gran deformación antes de la rotura.

El segundo ensaye corresponderá a una viga sobrerreforzada en que la rotura será frágil sin deformaciones importantes previas.

El tercero presentará la rotura por tensión diagonal debida a fuerzas cortantes en una viga simplemente apoyada que no tendrá estribos. Y en el cuarto ensaye se exhibirá una viga con tres apoyos, sobrerforzada para el momento negativo central en el que se formará una articulación plástica antes de la falla total y se analizarán los diagramas de momentos que correspondan a esta situación.

## FLEXOCOMPRESIÓN

### ASIGNATURA:

Mecánica de materiales II

### OBJETIVO:

1. Hacer un ejercicio sobre las fórmulas fundamentales de la flexocompresión.
2. Poner de manifiesto que con las fórmulas elásticas no se pueden calcular las cargas de rotura con precisión.
3. Hacer ver la existencia (incluso en las pruebas de laboratorio) de excentricidades accidentales impredecibles.
4. Demostrar que  $f'c$  es un índice de resistencia del concreto obtenido en la prueba de cilindros y no es la resistencia a compresión del concreto en cualquier pieza.

### EQUIPO:

Modelo de resortes para la fórmula de la escuadría, máquina universal, micrómetros y sus elementos de sujeción, apoyo articulado especial.

### MATERIAL:

Dos cilindros gemelos cabeceados y un cilindro cortado en dos pedazos de  $2/3$  y  $1/3$  de su altura también cabeceados.

### DESARROLLO:

1. Se comentarán los efectos de la flexocompresión que actúan sobre un eje de simetría de la sección de columnas usando el modelo y se recordará el concepto del núcleo central.

Se romperá uno de los cilindros gemelos de concreto con carga axial en la prueba usual de compresión, colocando micrómetros que acusen la existencia de la excentricidad accidental. Se tomará nota de la carga de rotura.

Se romperá el otro cilindro de concreto con una carga excéntrica colocada precisamente en la orilla del núcleo central. Se observará que esta carga supera a la que se pronosticaría si se hace un cálculo elástico basado en el resultado de la prueba anterior. Se explicará la razón.

Se romperán por compresión los dos pedazos de un cilindro cortado a dos tercios de su altura y se compararán los resultados dando las razones para explicar por qué el pedazo de menor altura resiste más que el más alto.



## PANDEO EN COLUMNAS

### ASIGNATURA:

Mecánica de materiales III

### OBJETIVO:

Presentar los distintos modos de pandeo que aparecen en columnas esbeltas de acuerdo con la forma de sus apoyos estimando la carga que los produce en modelos apropiados. Verificar las fórmulas de resistencia de columnas cortas, muy esbeltas y de esbeltez intermedia.

### EQUIPO:

Modelo de columnas (seguetas) con diferentes tipos de apoyos, máquina universal, apoyos articulados y de empotramiento, deformímetro para madera en compresión, cartulina con gráfica  $\alpha_c$  vs  $l/\rho$ .

### MATERIAL:

Piezas de madera de cedro de 5 x 5 x 20 cm, de 5 x 3 x 80 cm y de 5 x 3.5 x 80 cm.

### DESARROLLO:

Se observará en el modelo cómo se pandean seguetas de 30 cm de longitud que representan columnas muy esbeltas y elásticas con apoyos articulados, empotrados o uno articulado y otro empotrado; la fuerza necesaria para producir el pandeo se mide en un dinamómetro y concuerda con la estimación que se puede hacer con la fórmula de Euler.

A continuación se obtendrá en una columna corta de madera (5 x 5 x 20 cm) el módulo de elasticidad de la madera y su resistencia al aplastamiento en una prueba normada por la A.S.T.M.

Basado en estos datos se determinará la carga de aplastamiento y la carga

crítica de otra columna de la misma madera de 5 x 3 x 80 cm con extremos articulados; se trata de una columna esbelta. Se comprobará, con una prueba de carga axial, que su pandeo se produce cuando ésta es del orden de la crítica calculada.

Por último, se presentará una columna de 5 x 3.5 x 80 cm con un extremo articulado y otro empotrado. Con los mismos datos, se estimará que sus resistencias de aplastamiento y crítica son parecidas; se trata de una columna intermedia. Se cargará axialmente y se observará que su resistencia será menor que las que se acaban de calcular.

Se comentarán las fórmulas relativas a la resistencia de columnas de acero (que tienen en cuenta su esbeltez) en una gráfica, relacionando la curva que se presenta con los conceptos que se derivan de las pruebas hechas.

## PANDEO LATERAL EN VIGAS

### ASIGNATURA

Mecánica de materiales III

### OBJETIVO:

Ejercitar las ideas relativas a la inestabilidad:

1. Por medio de un ejemplo real calculable con conceptos sencillos.
2. Por medio de un modelo en que se aplican fórmulas y factores publicados (cuya deducción se considera innecesaria para los ingenieros no especializados).

### MATERIAL:

Ninguno.

### EQUIPO:

Armadura de varilla de 2 m de largo, apoyos adecuados, pesas de 0.5, 1.0, 2.0 y 4.0 kg, modelo de vigas rectangulares peraltadas con extremos apoyados y guiadas en el centro en distintas condiciones de apoyos y guía.

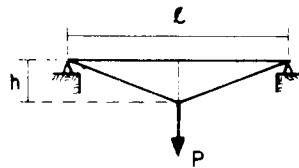
### DESARROLLO:

Se presentará una breve introducción relativa a la inestabilidad y pandeo (fórmula de Euler).

Se explicará el concepto fundamental del pandeo lateral y estructuras en que puede presentarse.

1. Se efectuará el cálculo, observación y comparación de las cargas que producen el pandeo en una varilla  $\phi = 3/8"$  y 2 m de longitud en

vertical (extremos articulados) y como cuerda superior de una armadura elemental.

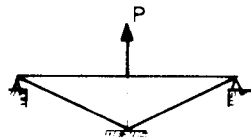


Deducción de la fórmula de cálculo

$$\frac{P}{2} \frac{l/2}{h} = \frac{\pi^2}{l^2} E I \therefore P = \frac{4 \pi^2 h}{l^3} E I$$

Figura 8.1.

Carga que produce el pandeo en esta misma varilla apoyada y cargada en la forma que indica el croquis.



Deducción de la fórmula

$$\tau = \frac{F l^3}{48 E I} \quad F = \frac{\tau}{h} P$$

$$P = \frac{48 h}{l^3} E I$$

Figura 8.2.

Carga que produce el pandeo combinando ambas condiciones. Estimación aproximada.

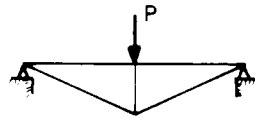


Figura 8.3.

2. Semejanza entre el pandeo lateral de vigas de sección rectangular delgada (flexión más torsión) presentado en un modelo cuyas piezas (tiras de lámina de 0.07 x 2.40 x 28 cm) representan las vigas y el problema resuelto en el punto anterior. Fórmula establecida por Timoshenko para vigas rectangulares.

$$M_{cr} = \frac{m}{l} \sqrt{E I \text{ y } G J}$$

Interpretación de la fórmula y del coeficiente "m" de acuerdo con la tabla publicada anexa.

3. Oxiacetileno. Se describirá el equipo estandarizado, tanques, válvulas, reguladores, sopletes, boquillas, etc.

Instrucciones de manejo. Precauciones.

Corte de una placa gruesa

Soldadura de placas delgadas en escuadra con y sin metal de aportación

4. Soldadura de arco. Se enumerarán los diferentes tipos de plantas de soldar y de la oportunidad de su uso. Se describirá la planta que se utilizará; regulación de su voltaje, amperaje y potencia; cableado y portaelectrodos.

Descripción de los electrodos, clasificación AWS (soldadura plana, horizontal, vertical y sobre cabeza). Instrucciones de manejo. Precauciones.

Soldadura horizontal de dos placas.

5. Revisión de la soldadura. Defectos posibles: falta de penetración o geometría, porosidad, escoria y falta de fusión o socabado.

Pruebas destructivas y radiografías. Control de los soldadores.

Prueba de tensión de varillas soldadas; beneficios y peligros que representa la soldadura sobre el empalme.

Prueba de doblado de una placa soldada.

6. Exhibición de soldaduras empleadas en diseño estructural. Estandarización de los diseños de uniones típicas. Soldadura de varillas con y sin respaldo.

Cordones múltiples.

7. Breve descripción de otros métodos para soldar. Enumeración de diferentes tipos de soldadura; "soldering" y "brazing"; soldadura por fusión con calor de "llama" o de "arco"; arco sumergido, TIG y MIG.

$$M_{cr} = \frac{\pi}{l} \sqrt{EI \text{ y } GJ} \quad (4)$$

Para rectángulos angostos.  $J$  puede obtenerse con suficiente precisión mediante la fórmula

$$J = \frac{1}{3} b^3 h$$

El momento crítico para una viga de sección transversal rectangular sometida a cualquier tipo de carga puede calcularse con la expresión

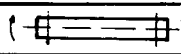

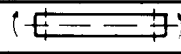

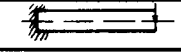
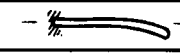
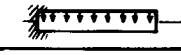
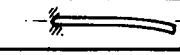
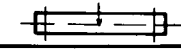


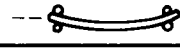
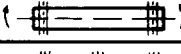



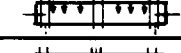
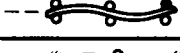
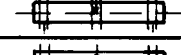

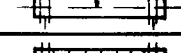

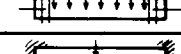


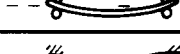
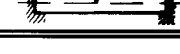
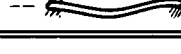
$$M_{cr} = \frac{m}{l} \sqrt{EI \text{ y } GJ} \quad (5)$$

En la tabla 1 se dan los valores del coeficiente  $m$  para distintas condiciones de carga y apoyo. Puesto que ningún valor de  $m$  es menor que  $\pi$ , obtendremos resultados del lado de la seguridad si utilizamos la ec. 4 para cualquiera de los casos incluidos en la tabla. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, con excepción de los casos 1 y 2, los valores de  $m$  anotados en la tabla son correctos únicamente si las cargas actúan en el eje centroidal de la viga; de la observación de la figura 2d es evidente que si las cargas verticales se aplican en el borde superior de la viga aumenta la tendencia de ésta a retorcerse.

Tabla 1.- Efecto de la carga y de las condiciones de apoyo en la estabilidad lateral de vigas de sección transversal rectangular angosta.

$$M_{cr} = \frac{m}{l} \sqrt{EI y GJ}$$

$\frac{l}{l} =$  claro total, en todos los casos

Caso	Vista lateral	Vista por el patin superior	m
1			3.14
2			6.28
3			4.01
4			6.43
5			4.23
6			3.54
7			9.22
8			11.12
9			8.24
10			13.1
11			6.5
12			5.4
13			5.29
14			5.88

*Práctica No. 9*

**SOLDADURA**

**ASIGNATURAS:**

Estructuras metálicas  
Estructuras de concreto

**OBJETIVO:**

Mostrar el manejo de los equipos de soldadura autógena y eléctrica; cortes y soldaduras hechas con ellos. Exhibir los métodos de control y verificación de calidad de las soldaduras usuales en la construcción.

**MATERIAL:**

Soleras de 1/4": unas cortadas en V para soldar, otras soldadas para prueba de doblado y otra para corte con autógena. Varillas soldadas de punta en "V" para prueba de tensión. Láminas de acero para soldar con autógena. Electrodo.

**EQUIPO:**

Tanques de oxígeno y acetileno. Máquina de soldar eléctrica. Máscara de soldar y guantes. Muestras de soldaduras típicas.

**DESARROLLO:**

1. Se comentará cómo se puede aprovechar la fusión por calor de los metales para cortarlos y soldarlos, así como de los diversos métodos para manejar el calor en forma apropiada; soldadura autógena (oxiacetileno) y eléctrica (de arco).



Cálculo de  $P_{cr}$  para los casos 5 y 11 de la tabla y comprobación en el modelo.

Idem. para los casos 8 y 10.

Soldadura por fricción de puntos, en maquinaria de construcción, etc.

## **REVOLTURAS DE CONCRETO**

### **ASIGNATURA:**

Estructuras de concreto

### **OBJETIVO:**

Familiarizar a los alumnos con los factores que intervienen en la resistencia y manejabilidad del concreto. Mostrar una forma de diseñar una revoltura para que cumpla con los valores que se fijen a estos dos requisitos; fabricarla y probarla.

### **MATERIAL:**

Grava y arena controladas, cemento, azufre, agua.

### **EQUIPO:**

Revolvedora, palas, cono de revenimiento con varilla y cucharón, moldes para cilindros, cuchara de albañil, botes de pintura acondicionados (de cinco galones), plástico y ligas para cubrir los moldes, máquina universal. Cartulinas con datos para diseño de revolturas.

### **DESARROLLO:**

Se elaborará una revoltura que se haya previamente diseñado. Peso de todos los materiales empleados y del "agua añadida" para obtener el revenimiento deseado. Se comentará cómo se estima en el laboratorio el agua libre que puede reaccionar con el cemento.

Se obtendrá el peso volumétrico del concreto recién fabricado y se calculará el volumen fabricado y el peso de cada material empleado en un metro cúbico de concreto. Se comparará la cantidad de cemento ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) calculada cuando se hizo el diseño con la realmente empleada.

Se colarán cilindros de ensaye: identificación, almacenamiento en la

cámara húmeda, eabeceo y prueba a los siete días (pronósticos de la resistencia a 28 días).

Prueba a los 28 días.

#### CONCLUSIONES:

La resistencia esperada de una revoltura no se puede pronosticar fácilmente si no se tiene una experiencia continua en su fabricación. Sólo se puede prever que sobrepasará ciertos valores si estos son bajos y si se diseña y se fabrica la revoltura con precauciones especiales.

**PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS INERTES DEL CONCRETO**

**ASIGNATURA:**

Construcción II

**OBJETIVO:**

Exhibir el equipo y realizar las pruebas con que se obtienen las propiedades físicas de la arena y la grava que intervienen en el diseño de una revoltura.

**MATERIAL:**

Arena, grava.

**EQUIPO:**

Mallas de cribado, frasco de Le Chatelier, picnómetro, cono para determinar la absorción de la arena, jerga, recipientes cubicados, varillas para compactar, báscula.

**DESARROLLO:**

1. Se explicará qué es el cemento, la composición del concreto normal y la cantidad de kilogramos de cada material que forman un metro cúbico.
2. Se explicará cómo existen propiedades que hacen a los materiales inapropiados para su uso.
3. Se exhibirá cómo se especifica y se obtiene su granulometría de acuerdo con las normas establecidas.
4. Se explicará cómo se obtiene y qué valores se presentan en su contenido de humedad, y se definirá la absorción realizando las pruebas con que se calcula.

5. Se obtendrán los pesos volumétricos (suelto y varillado) y la densidad de grava y arena del D.F. explicando los orígenes de las variaciones que pueden presentar.

## **REVOLTURAS DE CONCRETO**

### **ASIGNATURA:**

Construcción II

### **OBJETIVO:**

Presentar tres formas de diseñar una revoltura:

1. Teórica
2. Por experiencia continua y
3. Midiendo volúmenes

Presentar los datos en que se basan estos diseños para que el concreto cumpla con sus dos requisitos esenciales: resistencia y manejabilidad.

### **EQUIPO:**

Revolvedora, cono de revenimiento, moldes cilíndricos, cucharón, varilla para picar el colado, botes de cinco galones arreglados, charola, mesa de fluidez.

### **MATERIAL:**

Cemento, arena, grava.

### **DESARROLLO:**

Se explicará en qué se basan las tres formas de diseñar una revoltura.

1. Teórica. Basada en datos precisos de laboratorio relativos a las propiedades de agregados y cemento, así como en el cálculo del agua libre que reacciona con el cemento. Se analizará el método propuesto por el ACI, exhibiendo las tablas y gráficas que han confeccionado para su uso; se explicará cuáles son las propiedades fundamentales en que se basan:

- a) En que el revenimiento depende de la cantidad de agua;
  - b) En que la resistencia depende de la relación agua, cemento en peso, y
  - c) Que conviene que la relación en volumen entre grava y mortero tenga un valor específico.
2. Por experiencia continua. Se comentará cómo son aprovechables los resultados que se han obtenido y los que se van obteniendo en una planta de concreto para predecir las propiedades del que se está fabricando.
  3. Por medición de volúmenes. Se explicará la forma en que se puede hacer un diseño aproximado de revolturas poco importantes, controlando las cantidades de cemento y agregados por volumen y el agua por medio de la prueba de revenimiento.

Se mostrará algún método que dé la forma de diseñar revolturas con este criterio y se mencionará de dónde pueden provenir sus principales fallas.

Empleando esta última forma de diseño, se calculará el proporcionamiento de una revoltura que se fabricará en una revolvedora, exhibiendo simultáneamente la prueba de revenimiento y la técnica que se sigue para llenar cilindros de ensaye.



**PRUEBAS DE FRAGUADO, ADITIVOS**



ASIGNATURA:

Construcción II

OBJETIVO:

Presentar las pruebas de fraguado del cemento y del concreto.  
Exhibir el efecto de un aditivo dispersor (reductor de agua) y el de un  
incluser de aire en revolturas hechas frente a los alumnos.

EQUIPO:

Agujas de Vicat y de Gillmore, mezcladora de morteros, penetrómetro,  
revolvedora, palas, botes, cono de revenimiento, olla para el contenido  
de aire.

MATERIAL:

**G- 605522**

Cemento, arena, grava, aditivos (fluidizante e incluser de aire).

DESARROLLO:

Se fabricará una pasta de consistencia normal, exhibiendo el uso de la  
aguja de Vicat para fijar su fluidez. Se comentará cómo debe presentarse  
el fraguado inicial y final del cemento, y se mostrará cómo se determina  
con las agujas de Vicat y de Gillmore. Se hablará del falso fraguado.

Se realizará una prueba de consistencia con un penetrómetro estándar y  
se explicará el efecto que en ella pueden producir el fraguado y el secado  
de la revoltura relacionados con la temperatura, humedad y movimiento  
del aire.

Se explicará la razón de la existencia de diferentes tipos de cemento y de  
los aditivos, exponiendo brevemente la finalidad y clasificación de estos  
últimos. Se hará una revoltura de poco revenimiento y se exhibirá cómo

éste aumenta con el uso de un fluidizante.

Se determinará el aire atrapado en una revoltura por medio de la prueba de presión y se comentarán las ventajas e inconvenientes del empleo de los aditivos inclusores de aire.

**CONTROL ESTADÍSTICO  
PRUEBAS DEL CONCRETO FRAGUADO EN LAS ESTRUCTURAS**

**ASIGNATURA:**

Construcción IV

**OBJETIVO:**

Realizar un ejercicio de control estadístico de dureza de piezas metálicas, análogo al que se emplea en el control de la resistencia del concreto.

Mostrar el manejo de los diferentes equipos que se han diseñado para determinar la resistencia del concreto ya fraguado en las estructuras.

**MATERIAL:**

Doce piezas metálicas de la misma fabricación y procedencia apropiadas para la máquina Rockwell (rondanas).

**EQUIPO:**

Impresor para dureza en la madera, impresor para prueba Brinell y microscopio, máquina Rockwell, extractor de corazones, esclerómetro, medidor de velocidad de ondas ultrasónicas, pistola de Windsor.

**DESARROLLO:**

1. Se exhibirán las pruebas de dureza en madera y metales estandarizadas por la ASTM y se explicarán los conceptos en que se basan, especialmente el mecanismo de la máquina Rockwell.

Se comentará cómo la verificación de calidad de un material (que se efectúa en el laboratorio) y el manejo estadístico de los resultados intervienen en el proceso total de un control de calidad.

Se presentará el criterio con que se juzga la calidad de las pruebas,

empleando las desviaciones de los resultados y basándose en las fórmulas estadísticas.

Se establecerá la semejanza entre el manejo estadístico de los resultados de las pruebas de dureza que se efectuarán y el de las pruebas de resistencia de las revolturas de concreto.

Se efectuarán pruebas de dureza Rockwell en las piezas metálicas y se obtendrá su resistencia media y la desviación estándar de sus resultados.

Se calculará, dentro de las pruebas, la desviación entre los varios ensayos de que se componen para poder evaluar su calidad.

Se comentarán los valores usuales de todos estos datos en la fabricación de un concreto y en las pruebas con que se califica.

2. Se planteará el problema de cómo determinar la resistencia del concreto en estructuras ya construidas y la ventaja que pueden representar los métodos no destructivos que hay para hacerlo.

Se exhibirán los aparatos y la forma en que se manejan para obtener la resistencia por los siguientes métodos: extracción de corazones, rigidez del concreto estimada por el rebote del esclerómetro o por la velocidad de ondas ultrasónicas y penetración de un dardo disparado con la pistola Windsor.

APUNTE  
135-A  
1985  
G.-605522

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



\*605522\*

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Esta obra se terminó de imprimir  
en abril de 1995  
en el taller de imprenta del  
Departamento de Publicaciones  
de la Facultad de Ingeniería,  
Ciudad Universitaria, México, D.F.,  
C.P. 04510

**Secretaría de Servicios Académicos**

El tiraje consta de 500 ejemplares  
más sobrantes de reposición.