

160 AÑOS
1861-2021

Ingenio propio para el desarrollo sostenible e incluyente

Guías de laboratorio de Mecánica de Sólidos

Dorian Luis Linero Segrera
Editor académico

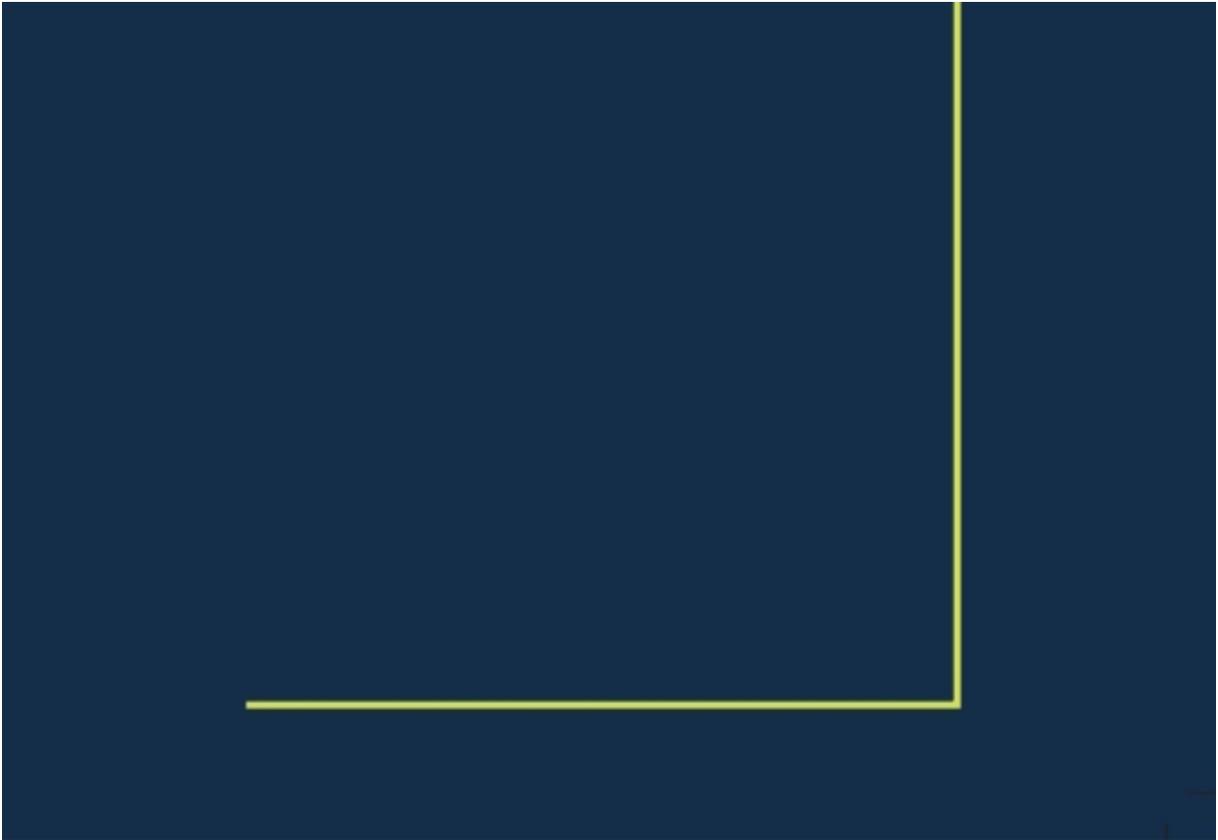


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Autores

**Dorian Luis Linero Segrera
Ricardo León Parra Arango
Camilo Andrés Bayona Roa
Johan Steven Durán Torres
Camilo Ríos Fresneda
José Darío Moreno Pineda
Caori Patricia Takeuchi Tam
Juan Manuel Lizarazo Marriaga**





**Guías de laboratorio
de Mecánica de Sólidos**

Guías de laboratorio de Mecánica de Sólidos

Dorian Luis Linero Segrera
Ricardo León Parra Arango
Camilo Andrés Bayona Roa
Johan Steven Durán Torres
Camilo Ríos Fresneda
José Darío Moreno Pineda
Caori Patricia Takeuchi Tam
Juan Manuel Lizarazo Marriaga



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

BOGOTÁ, D. C., 2022

© Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

© Dorian Linero, Ricardo Parra, Camilo Bayona, Johan Durán, Camilo Ríos,
José Darío Moreno, Caori Takeuchi y Juan Manuel Lizarazo

Primera edición, diciembre de 2022

ISBN 978-958-794-831-8 (impreso)

ISBN 978-958-794-832-5 (digital)

Colección Ingenio Propio - 160 años

Serie Notas de Clase

Facultad de Ingeniería

Edición

Editorial Universidad Nacional de Colombia

direditorial@unal.edu.co

www.editorial.unal.edu.co

Coordinador editorial: Julián Naranjo Guevara

Corrector de estilo: John Fredy Guzmán

Diseño de la colección: Ángela Pilone Herrera

Diagramación: Francisco Jiménez Montero

Salvo cuando se especifica lo contrario, las figuras y tablas del presente volumen son propiedad del autor

Conversión a ePub

Mákina Editorial

<https://makinaeditorial.com>

Bogotá, D. C., Colombia, 2022

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Linero Segrera, Dorian Luis, 1973-

Guías de laboratorio de Mecánica de Sólidos / Dorian Luis Linero Segrera [y otros siete]. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola ; Editorial Universidad Nacional de Colombia, 2022.

1 CD-ROM : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, figuras, fotografías. -- (Ingenio propio. Notas de clase)

Incluye referencias bibliográficas e índices temático y onomástico

ISBN 978-958-794-832-5 (e-pub)

1. Mecánica aplicada -- Manuales de laboratorio 2. Resistencia de materiales -- Manuales de laboratorio 3. Investigación activa -- Manuales de laboratorio 4. Ingeniería civil -- Manuales de laboratorio 5 Ingeniería agrícola -- Manuales de laboratorio I. Parra Arango, Ricardo León, 1957- II. Bayona Roa, Camilo Andrés, 1987- III. Durán Torres, Johan Steven, 1991- IV. Ríos Fresneda, Camilo, 1976- V. Moreno Pineda, José Darío, 1976- VI. Takeuchi Tam, Caori Patricia, 1964- VII. Título VIII. Serie

CDD-23 620.0078 / 2022

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS Y NOMENCLATURA

INTRODUCCIÓN

1. CONCEPTOS SOBRE EXPERIMENTACIÓN E INSTRUMENTACIÓN EN MECÁNICA DE SÓLIDOS

1.1 Objetivo

1.2 El lenguaje y la medición en el laboratorio

1.3 Magnitudes y unidades de medida

1.4 Instrumentos de medida

1.5 Instrumentos de medición de longitudes o
dimensiones

1.6 Instrumentos de medición del desplazamiento

1.7 Instrumento de medición de la deformación

1.8 Sistema de aplicación y medida de la fuerza por
gravedad

1.9 Sistema de aplicación y medición de la fuerza por
acción electro-mecánica o electro-hidráulica

1.10 Análisis y expresión de las magnitudes

1.11 El laboratorio

1.12 Recomendaciones generales para la elaboración de
los informes de laboratorio

1.13 Revisión de conceptos y planteamiento de problemas

2. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO A TENSIÓN EN BARRAS DE ACERO

2.1 Objetivo

2.2 Descripción de las probetas

2.3 Mecanismo de aplicación de la carga

2.4 Medición del alargamiento utilizando el extensómetro

2.5 Medición del diámetro final de la barra utilizando el calibrador

2.6 Procedimiento del ensayo

2.7 Datos obtenidos de forma experimental

2.8 Resultados esperados

2.9 Instrucciones para la elaboración del informe de laboratorio

3. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y LA RELACIÓN DE POISSON EN CILINDROS DE CONCRETO

3.1 Objetivo

3.2 Descripción de las probetas

3.3 Mecanismo de aplicación de la carga

3.4 Mecanismo de lectura del desplazamiento y la deformación

3.5 Procedimiento

3.6 Datos obtenidos experimentalmente

3.7 Resultados esperados

3.8 Instrucciones para presentar el informe de laboratorio

4. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE UNA ARMADURA PLANA

4.1 Objetivo

- 4.2 Descripción de la armadura y su condición de apoyo
- 4.3 Mecanismo de aplicación de las cargas
- 4.4 Ubicación y medición del desplazamiento en los nudos de la armadura
- 4.5 Ubicación y medición de la deformación de las barras de la armadura
- 4.6 Procedimiento de la práctica
- 4.7. Datos obtenidos experimentalmente
- 4.8. Resultados experimentales esperados
- 4.9. Cálculos analíticos esperados
- 4.10 Instrucciones para presentar el informe de laboratorio

5. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN CORTANTE DE BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN

- 5.1 Objetivo
- 5.2 Descripción de las probetas
- 5.3 Mecanismo de aplicación de la carga
- 5.4 Mecanismo de lectura del ángulo de giro
- 5.5 Procedimiento
- 5.6 Datos obtenidos experimentalmente
- 5.7 Resultados esperados
- 5.8 Instrucciones para la elaboración del informe de laboratorio

6. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR EL ESFUERZO NORMAL SOBRE UNA VIGA EN VOLADIZO

- 6.1 Objetivo
- 6.2 Descripción de la viga
- 6.3 Mecanismo de aplicación del empotramiento y de la carga
- 6.4 Mecanismos de lectura de la deflexión y la deformación longitudinal
- 6.5 Procedimiento de la práctica experimental
- 6.6 Datos obtenidos experimentalmente

- 6.7 Resultados esperados
- 6.8 Instrucciones para presentar el informe de laboratorio

7. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR LOS ESFUERZOS NORMALES COMBINADOS EN UN ELEMENTO A FLEXO-COMPRESIÓN

- 7.1 Objetivo
- 7.2 Descripción de la probeta
- 7.3 Mecanismo de aplicación de la carga
- 7.4 Mecanismo de lectura de las deformaciones
- 7.5 Procedimiento de la práctica
- 7.6 Datos obtenidos experimentalmente
- 7.7 Resultados esperados
- 7.8 Instrucciones para la elaboración del informe de laboratorio

8. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR LA DEFLEXIÓN DE UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

- 8.1 Objetivo
- 8.2 Descripción general del montaje
- 8.3 Geometría, material y condiciones de apoyo de la probeta
- 8.4 Mecanismo de aplicación de la carga
- 8.5 Mecanismo de lectura del desplazamiento vertical o deflexión
- 8.6 Procedimiento
- 8.7 Datos obtenidos experimentalmente
- 8.8 Resultados esperados
- 8.9 Instrucciones para presentar el informe de laboratorio

9. GUÍA DEL LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CARGA CRÍTICA Y EL MODO DE PANDEO DE ELEMENTOS SOLICITADOS A COMPRESIÓN

- 9.1 Objetivo
- 9.2 Descripción general del montaje
- 9.3 Descripción de la probeta y de las condiciones de apoyo y de restricción lateral
- 9.4 Mecanismo de aplicación de la carga
- 9.5 Procedimiento
- 9.6 Datos obtenidos experimentalmente
- 9.7 Resultados esperados
- 9.8 Instrucciones para presentar el informe de laboratorio

REFERENCIAS

ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE ONOMÁSTICO

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.1 Medición de distancias sobre una probeta utilizando una cinta métrica
- FIGURA 1.2 Calibradores
- FIGURA 1.3 Medición de la dimensión de una probeta tomada con un calibrador digital
- FIGURA 1.4 Partes del micrómetro y dimensión medida
- FIGURA 1.5 Medidores de desplazamiento o comparadores de carátula
- FIGURA 1.6 Fotografía de un medidor de desplazamiento o comparador de carátula
- FIGURA 1.7 Esquema detallado de un medidor de desplazamiento en contacto con una probeta que se desplaza hacia abajo $S = 2.07\text{mm}$
- FIGURA 1.8 Medidor de deflexión
- FIGURA 1.9 Montaje de un transformador diferencial de variación lineal (LVDT) que mide el desplazamiento horizontal de un punto en un pórtico de acero
- FIGURA 1.10 Fotografía de una galga extensométrica adherida a una superficie de una probeta de concreto
- FIGURA 1.11 Sistema de aplicación y medida de la fuerza por gravedad sobre una viga
- FIGURA 1.12 Pesas y ganchos utilizados en las prácticas

- de laboratorio
- FIGURA 1.13 Balanza utilizada para medir pequeñas masas
- FIGURA 1.14 Máquina universal de ensayos del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia
- FIGURA 1.15 Montaje de un actuador de cilindro hidráulico que aplica una fuerza horizontal sobre un pórtico de acero
- FIGURA 1.16 Métodos numéricos
- FIGURA 1.17 Ficha de Seguridad del Laboratorio de Estructuras
- FIGURA 1.18 Ejemplo de un certificado de calibración de una máquina universal de ensayos para el ejercicio de verificación de su calibración
- FIGURA 2.1 Probetas de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento a tensión de barras de acero
- FIGURA 2.2 Montaje de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento a tensión de barras de acero
- FIGURA 2.3 Montaje de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento a tensión de barras de acero
- FIGURA 2.4 Medición del diámetro final de la sección transversal de la barra después de su fractura
- FIGURA 3.1 Compresómetro fijado a un cilindro de concreto
- FIGURA 3.2 Detalles del compresómetro fijado a un cilindro de concreto
- FIGURA 3.3 Vista lateral de la medición realizada con el compresómetro

- FIGURA 3.4 Extensómetro fijado a un cilindro de concreto
- FIGURA 3.5 Medición realizada con el extensómetro
- FIGURA 3.6 Montaje de la práctica de laboratorio para determinar el módulo de elasticidad y la relación de Poisson del concreto
- FIGURA 4.1 Apoyos, tableros y travesaños de la armadura
- FIGURA 4.2 Esquema de uno de los tableros conformado por una armadura plana, incluyendo la geometría y las cargas aplicadas
- FIGURA 4.3 Detalle de los nudos 2 y 3.
- FIGURA 4.4 Esquema de la sección transversal de la estructura entre los nudos 6 y 7
- FIGURA 4.5 Sistema de carga
- FIGURA 4.6 Numeración y ubicación de los medidores de desplazamiento en los apoyos y en los travesaños que unen a los nudos inferiores de los tableros
- FIGURA 4.7 Ganchos portapesas y medidores de desplazamiento
- FIGURA 4.8 Galga extensométrica
- FIGURA 4.9 Numeración y ubicación de las galgas extensométricas en el tablero anterior
- FIGURA 4.10 Numeración y ubicación de las galgas extensométricas en el tablero posterior
- FIGURA 5.1 Probetas y las extensiones de sus extremos en la práctica de laboratorio para determinar el módulo de elasticidad en cortante en barras sometidas a torsión
- FIGURA 5.2 Esquema del montaje de la práctica de laboratorio para determinar el módulo de

- elasticidad en cortante de barras sometidas a torsión
- FIGURA 5.3 Esquema del montaje de la práctica de laboratorio para determinar el módulo de elasticidad en cortante de barras sometidas a torsión
- FIGURA 5.6 Esquema del mecanismo de transmisión de la torsión a la barra y de lectura del giro producido
- FIGURA 5.7 Fotografía del mecanismo de transmisión de la torsión a la barra y de lectura del giro producido
- FIGURA 5.8 Detalle del sistema de medición compuesto por un nonio o Vernier y una escala de grados sobre el volante
- FIGURA 6.1 Sección transversal de la viga o probeta
- FIGURA 6.2 Vista lateral del esquema del montaje de la práctica de laboratorio para determinar el esfuerzo normal en una viga en voladizo
- FIGURA 6.3 Fotografía del montaje de la práctica de laboratorio para determinar el esfuerzo normal en una viga en voladizo
- FIGURA 6.4 Vista tridimensional del esquema del montaje de la práctica de laboratorio para determinar el esfuerzo normal en una viga en voladizo
- FIGURA 6.5 Simulación mediante el método de los elementos finitos del comportamiento mecánico de la viga en voladizo de la práctica
- FIGURA 7.1 Geometría aproximada de la sección transversal de la probeta
- FIGURA 7.2 Detalle de los apoyos de la probeta y la

- línea de acción de la carga
- FIGURA 7.3 Vista lateral del montaje del laboratorio para determinar los esfuerzos normales combinados en un elemento sometido a
- FIGURA 7.4 Fotografía del montaje del laboratorio para determinar los esfuerzos normales combinados en un elemento sometido
- FIGURA 8.1 Fotografía del montaje de la práctica de laboratorio para determinar la deflexión de una viga, indicando sus componentes
- FIGURA 8.2 Esquema de la práctica de laboratorio para determinar la deflexión de una viga
- FIGURA 8.3 Fotografía del detalle del contacto entre el medidor de desplazamiento y la probeta en el montaje de la práctica de laboratorio para determinar la deflexión de una viga
- FIGURA 8.4 Esquema detallado de un medidor de desplazamiento o comparador de carátula, ubicado en la viga
- FIGURA 8.5 Sección transversal de la viga y disposición en el apoyo
- FIGURA 8.6 Deflexión de una viga simplemente apoyada sometida a cargas en sus tercios
- FIGURA 9.1 Esquema del montaje de la práctica de laboratorio que describe el pandeo de un elemento a compresión
- FIGURA 9.2 Fotografía del montaje de la práctica de laboratorio que describe en particular el pandeo de un elemento a compresión empotrado en ambos extremos y con riostra lateral en la mitad de su longitud
- FIGURA 9.3 Fotografía del elemento a compresión articulado en ambos extremos, mostrando el

modo de pandeo

FIGURA 9.4 Fotografía del elemento a compresión empotrado en ambos extremos, mostrando el modo de pandeo

FIGURA 9.5 Fotografía del elemento a compresión empotrado en un extremo y articulado en el otro, mostrando el modo de pandeo

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1	Unidades antiguas de longitud
TABLA 1.2	Magnitudes y unidades básicas del ISQ-SI
TABLA 1.3	Prefijos de los múltiplos de las unidades en el ISQ-SI
TABLA 1.4	Prefijos de los submúltiplos de las unidades en el ISQ-SI
TABLA 1.5	Ejemplo de medición de la deflexión en la mitad de la luz en una viga de cuatro puntos
TABLA 1.6	Problema propuesto de expresión de resultados: datos de diámetro y carga máxima aplicada a 6 cilindros de concreto sometidos a compresión
TABLA 2.1	Datos de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento a tensión de barras de acero: geometría, masa y longitud inicial entre marcas de las barras ensayadas
TABLA 2.2	Datos de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento a tensión de barras de acero. Diámetro en la zona de rotura y longitud final entre marcas de las barras ensayadas
TABLA 2.3	Muestra de datos de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento a tensión de barras de acero. Primeras y últimas 42 lecturas de la fuerza aplicada, el

	desplazamiento del cabezal y el alargamiento del extensómetro
TABLA 2.4	Vínculo del archivo que contiene cada grupo de datos de la práctica de laboratorio para determinar comportamiento a tensión de barras de acero
TABLA 3.1	Vínculos del archivo de datos por grupo de la práctica de laboratorio para determinar el módulo de elasticidad y relación de Poisson del concreto
TABLA 3.2	Datos de la práctica de laboratorio para determinar el módulo de elasticidad y la relación de Poisson del concreto. Acortamiento y ensanchamiento de la probeta para varios niveles de carga correspondiente al grupo 01
TABLA 4.1	Datos de la práctica de laboratorio. Lecturas de los medidores de desplazamiento en 1×10^{-2} mm, para cuatro niveles de carga del Ensayo 1
TABLA 4.2	Datos de la práctica de laboratorio. Lecturas de los medidores de desplazamiento en 1×10^{-2} mm, para cuatro niveles de carga del Ensayo 2
TABLA 4.3	Datos de la práctica de laboratorio. Lecturas de los medidores de desplazamiento en 1×10^{-2} mm, para cuatro niveles de carga del Ensayo 3
TABLA 4.4	Datos de la práctica de laboratorio. Lecturas de las galgas extensométricas en 1×10^{-6} , para cuatro niveles de carga del Ensayo 1
TABLA 4.5	Datos de la práctica de laboratorio. Lecturas de las galgas extensométricas en 1×10^{-6} ,

TABLA 4.6	para cuatro niveles de carga del Ensayo 2 Datos de la práctica de laboratorio. Lecturas de las galgas extensométricas en 1×10^{-6} , para cuatro niveles de carga del Ensayo 3
TABLA 4.7	Vínculos del archivo de datos por grupo de la práctica de laboratorio para determinar el comportamiento de una armadura plana
TABLA 5.1	Datos de la práctica de laboratorio para el grupo 01
TABLA 5.2	Vínculos a archivos de datos según grupo de la práctica de laboratorio de módulo de elasticidad en cortante de barras sometidas a torsión
TABLA 6.1	Datos de la práctica de laboratorio para determinar el esfuerzo normal sobre una viga en voladizo. Ensayo 1
TABLA 6.2	Datos de la práctica de laboratorio para determinar el esfuerzo normal sobre una viga en voladizo. Ensayo 2
TABLA 6.3	Datos de la práctica de laboratorio para determinar el esfuerzo normal sobre una viga en voladizo. Ensayo 3
TABLA 7.1	Datos del laboratorio para determinar los esfuerzos normales combinados en un elemento. Dimensiones medidas en la probeta
TABLA 7.2	Datos del laboratorio para determinar los esfuerzos normales combinados en un elemento. Lecturas de los medidores de deformación $\times 10^{-6}$, cuando se aplica una carga progresiva concéntrica
TABLA 7.3	Datos del laboratorio para determinar los esfuerzos normales combinados en un elemento. Lecturas de los medidores de

	deformación $\times 10^{-6}$, cuando se aplica una carga progresiva excéntrica
TABLA 8.1	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Lectura de cada medidor de desplazamiento $\times 10^{-2}$ mm del Ciclo 1 de la Parte 1
TABLA 8.2	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Lectura de cada medidor de desplazamiento $\times 10^{-2}$ mm del Ciclo 1 de la Parte 2
TABLA 8.3	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Lectura de cada medidor de desplazamiento $\times 10^{-2}$ mm del Ciclo 2 de la Parte 1
TABLA 8.4	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Lectura de cada medidor de desplazamiento $\times 10^{-2}$ mm del Ciclo 2 de la Parte 2
TABLA 8.5	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Lectura de cada medidor de desplazamiento $\times 10^{-2}$ mm del Ciclo 3 de la Parte
TABLA 8.6	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Lectura de cada medidor de desplazamiento $\times 10^{-2}$ mm del Ciclo 3 de la Parte 2
TABLA 8.7	Datos del laboratorio para determinar la deflexión de una viga. Dimensiones de la sección transversal
TABLA 9.1	Datos del laboratorio de pandeo de elementos a compresión. Condiciones de apoyo y de restricción lateral, y lectura de la fuerza aplicada por la máquina universal Pm en el