



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

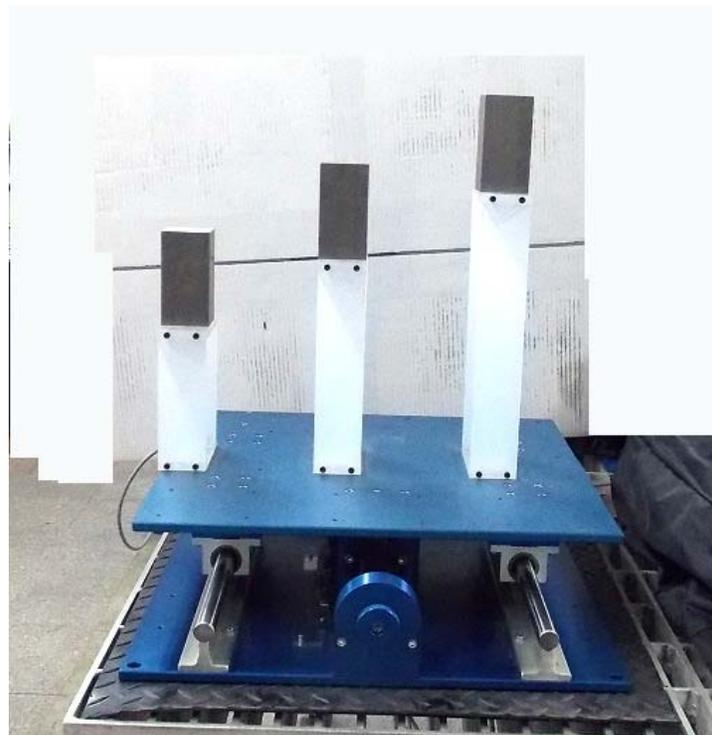
LM-PI-UP-09-2013

EXPERIMENTOS CON SISTEMAS DE UN GRADO DE LIBERTAD Y SU COMPARACIÓN CON PREDICCIONES ANALÍTICAS

Manual del Profesor

Preparado por:

Unidad de Puentes



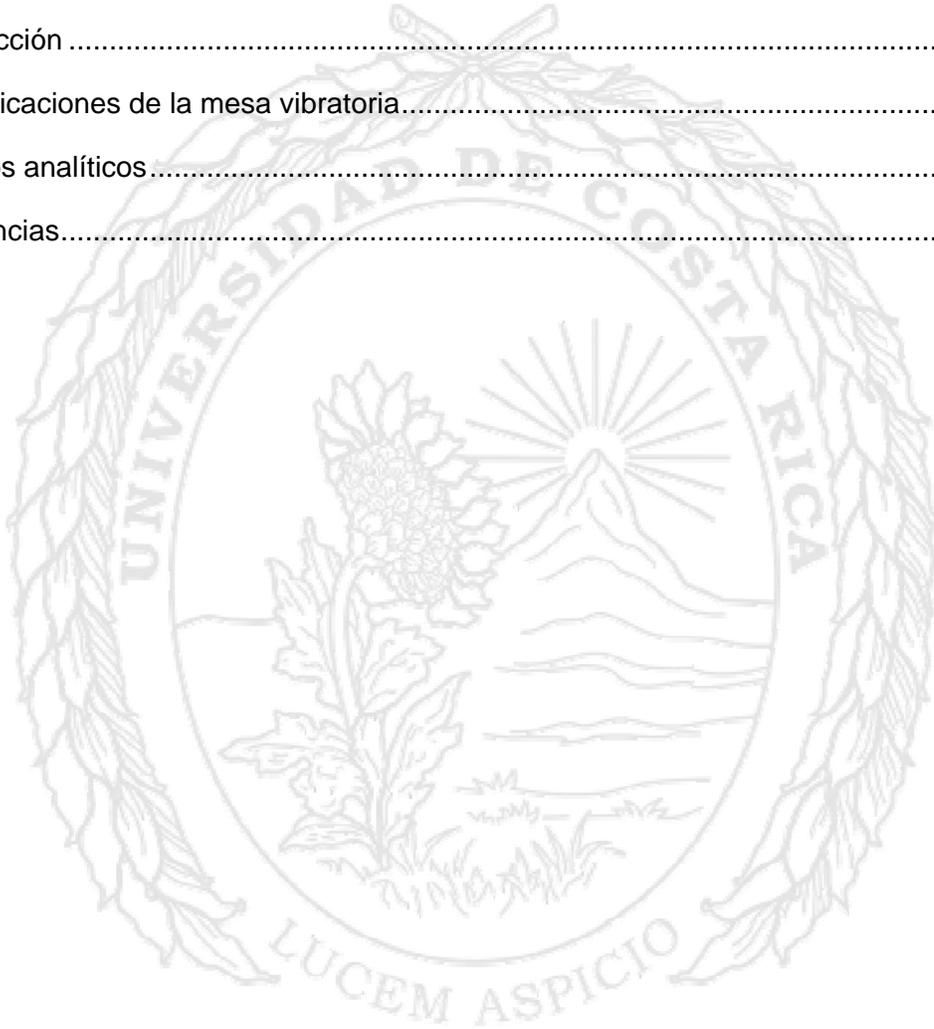
San José, Costa Rica
Noviembre de 2013



Página intencionalmente dejada en blanco

TABLA DE CONTENIDOS

1. Resumen	4
2. Introducción	4
3. Especificaciones de la mesa vibratoria.....	4
4. Cálculos analíticos.....	5
5. Referencias.....	8



1. RESUMEN

Este manual del profesor contiene la información necesaria para guiar al estudiante a realizar los experimentos. El objetivo final es que el estudiante debe realizar las predicciones analíticas y luego comparar los resultados utilizando la mesa vibratoria.

2. INTRODUCCIÓN

La “Shake Table II” de Quanser es una mesa vibratoria diseñada para fines académicos e investigativos. Se puede utilizar en clases de ingeniería sísmica y de dinámica de estructuras a nivel de grado y postgrado. La mesa también es apropiada para demostraciones en las escuelas y secundarias. Los experimentos descritos en este manual y en el manual del estudiante correspondiente serían apropiados para su uso en el nivel introductorio de clases de ingeniería sísmica y dinámica de estructuras.

3. ESPECIFICACIONES DE LA MESA VIBRATORIA

La “Shake Table II” de Quanser es una mesa vibratoria portátil uniaxial (desplazamiento longitudinal en una dirección), la cual es controlada mediante computadora (Ver Figura 1). Esta es efectiva para una amplia variedad de experimentos que incluyen estructuras de ingeniería civil. Las especificaciones técnicas de la mesa se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especificaciones técnicas de la mesa vibratoria Shake Table II de Quanser

Especificación	Valor
Sobrecarga de diseño a 2,5 g	75,8N (17 lb)
Aceleración pico	2,5 g
Rango de frecuencia	0 – 20 Hz
Velocidad pico	664,9 mm/s (26,18 in/s)
Dimensiones de la mesa	457 mm x 457 mm (18 in x 18 in)
Desplazamiento	± 76 mm (± 3 in)
Peso de la mesa	267,5N (60 lb)

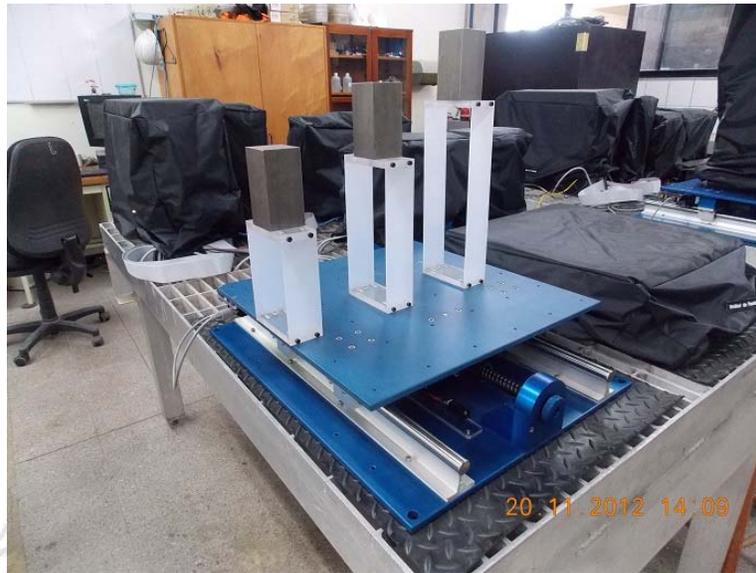


Figura 1. Mesa vibratoria con modelos de un grado de libertad

4. CÁLCULOS ANALÍTICOS

4.1 Propiedades de los materiales y dimensiones

El modelo consiste en un marco de acrílico (marca Panacril). Las columnas son placas de 50x3mm con altura variable. La base y la plataforma para conectar la masa son placas de acrílico de 50x100x9.5mm. Sobre la plataforma se ubica una masa de acero de aproximadamente 2 kilogramos. En el cuadro 2 se resume las propiedades del acero y el acrílico, que son relevantes en este experimento.

Cuadro 2. Propiedades de los materiales del modelo

Propiedad	Unidad	Acero	Acrílico (Panacril)
Gravedad específica (Y)	kN/m ³	76,82	19,1
Módulo de elasticidad (E)	MPa	210000	2800

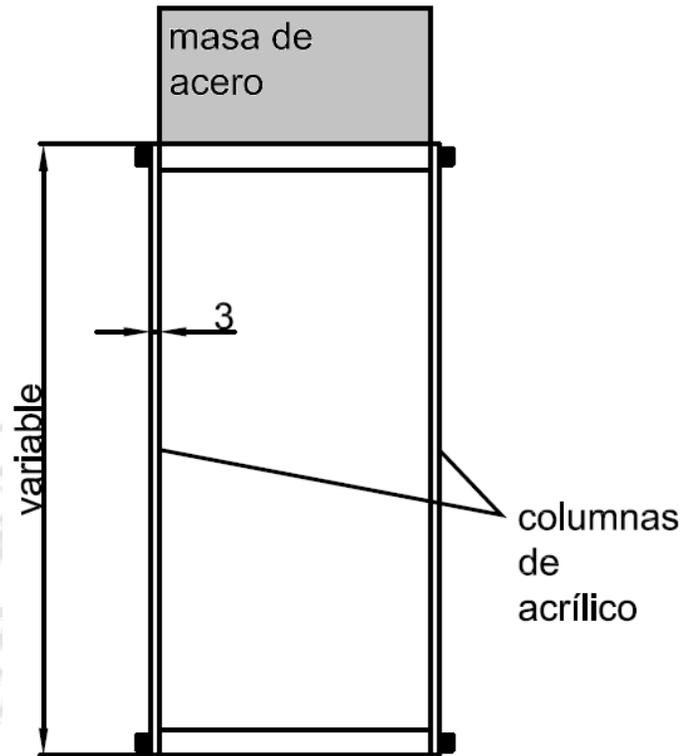


Figura 2. Esquema del modelo de un grado de libertad

4.1.1 Cálculo del periodo natural de los modelos

El modelo físico tiene condiciones de apoyo (para las columnas) que se pueden aproximar por una condición tipo rígido – rígido.

Teoría:

Para una columna empotrada arriba y abajo la rigidez en el rango elástico es (ver figura 3):

$$K = \frac{V}{\Delta} = \frac{12EI}{L^3}$$

donde, E es el módulo de elasticidad del material de la columnas, I es el momento de inercia y L la longitud de la columna.

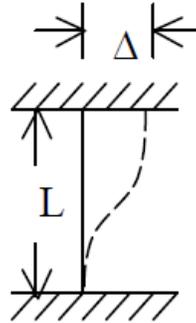


Figura 3. Modelo adoptado para las columnas

De la dinámica de estructuras, el periodo natural de un sistema de un grado de libertad es:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

donde, M es la masa del modelo y K es la rigidez definida anteriormente.

Las dimensiones del modelo (el ejemplo corresponde al modelo más pequeño de los tres a analizar):

Longitud de la columna $L = 150 \text{ mm}$

Ancho de la columna $b = 50 \text{ mm}$

Altura de la columna $h = 3 \text{ mm}$

Cálculos:

Propiedades de la sección:

Módulo de elasticidad del acrílico $E = 2800 \text{ MPa} = 2800 \text{ N/mm}^2$

Inercia de la columna

$$I = \frac{bh^3}{12} = 112,5 \text{ mm}^4$$

Se calcula la rigidez de la columna,

$$K = \frac{12(2800 \text{ N/mm}^2)(112,5 \text{ mm}^4)}{(150 \text{ mm})^3} = 1,12 \text{ N/mm/columna}$$

Finalmente se calcula el periodo natural,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{20\text{N}/9810\text{mm}/\text{s}^2}{(2 \text{ columnas})(1,12\text{N}/\text{mm}/\text{columna})}} = 0,19\text{seg}$$

En el cuadro 3 se presenta un resumen del cálculo del periodo de los tres modelos. En la última fila se presenta la frecuencia porque es el dato de entrada del programa que controla la mesa de Quanser.

Cuadro 3. Resumen de cálculos teóricos

Modelo	1	2	3
h (mm)	150	225	300
K (N/mm)	1.12	0.332	0.140
T (seg)	0.190	0.348	0.536
f(Hz)	5.276	2.872	1.865

5. REFERENCIAS

Chopra, A. K. *Dynamics of structures. Theory and applications to earthquake engineering*. Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2001.