

## **EXPERIENCIAS EN INNOVACION Y MEJORA DE LA DOCENCIA DE LA INGENIERÍA SISMICA**

BENAVENT-CLIMENT, Amadeo

*Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, Edificio Politécnico de Fuentenueva, 18071- Granada, Tfn y Fax: 958-246109, E-mail: benavent@ugr.es*

---

### **Resumen**

En este trabajo se reflexiona sobre formas innovadoras de enseñanza de la ingeniería sísmica en las carreras técnicas, y se presentan experiencias recientes en las titulaciones de Arquitecto e Ingeniero de Caminos de la Universidad de Granada. Estas experiencias están orientadas a aprovechar los ensayos dinámicos con mesa sísmica que se realizan dentro de proyectos de investigación y la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC), para facilitar la asimilación de contenidos por parte del estudiante. Los ensayos con la mesa sísmica y las TIC pueden ser vehículos y herramientas eficaces para: (1) estimular la participación de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje; (2) proporcionar al alumno experiencias sensoriales directas sobre la respuesta de las estructuras sometidas a terremotos hasta su colapso; y (3) propiciar a través de la predicción de algunos parámetros de respuesta medidos durante los ensayos, que el alumno consolide conocimientos teóricos y se ejercite en el manejo de herramientas numéricas y formulaciones matemáticas.

---

### **Palabras clave**

Ingeniería sísmica, ensayos dinámicos, enseñanza on-line, plataforma web

### **1. INTRODUCCION**

La ingeniería sísmica forma parte de los planes de estudio de las carreras de Arquitectura e Ingeniería de Caminos de la Universidad de Granada, en coherencia con el hecho de que una gran parte de los profesionales que salen de estas Escuelas van a ejercer en la zona de mayor peligrosidad sísmica del país. El autor es responsable de dos asignaturas directamente ligadas con este campo que son Estructuras Sismorresistentes e Ingeniería Sísmica de Estructuras, en las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura y de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, respectivamente. Como en muchas otras materias vinculadas a las estructuras, es muy aconsejable que en su docencia se combinen conocimientos teóricos con experimentación. En el caso de la ingeniería sísmica la segunda parte es especialmente importante porque, a diferencia de las cargas gravitatorias que experimentamos de forma continua, los terremotos severos tienen periodos de retorno afortunadamente muy largos y el alumno no tiene una experiencia sensorial previa de los mismos. La experiencia previa del estudiante esta considerada un factor clave en el proceso de aprendizaje (Biggs 1987, 1999).

Conscientes de la importancia de innovar para mejorar la docencia, en esta ponencia se defiende suplir el déficit mencionado en experiencias sensoriales sobre terremotos con la observación de ensayos dinámicos con mesa sísmica, y se propone orientar la docencia de las dos asignaturas citadas sobre las bases siguientes: (i) asentar unos conocimientos previos sobre dinámica general de estructuras antes de entrar en el estudio concreto de las acciones de tipo sísmico; (ii) apoyar el estudio de la dinámica general de estructuras con ensayos sencillos de modelos a pequeña escala, organizando temporalmente la docencia en una secuencia en la que primero se exponga al alumno a la experiencia sensorial directa del fenómeno físico y después se le explique su

modelización matemática; (iii) concienciar al alumno de la especificidad de las acciones de tipo sísmico y de las diferencias respecto a las acciones gravitatorias mediante la observación del fenómeno en ensayos con mesa sísmica; (iv) apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje con herramientas didácticas on-line.

## 2. ENSAYOS DINÁMICOS CON MODELOS A PEQUEÑA ESCALA

El aprendizaje de materias relacionadas con la ingeniería sísmica y el proyecto sismorresistente requiere por parte del alumno de unas bases sólidas de dinámica general de estructuras. De lo contrario, los conocimientos adquiridos acaban reduciéndose a un recetario de soluciones y a una aplicación ciega de métodos de cálculo estándar. Pensamos que una secuencia adecuada para transmitir estos conocimientos de dinámica general de estructuras consiste en, primero, hacer que el alumno a través de la experiencia directa de los sentidos entienda el fenómeno físico y, segundo, explicarle el modelo físico-matemático que permite representarlo y anticipar la respuesta de la estructura. Para esta primera parte son muy útiles los ensayos dinámicos sencillos (vibraciones libres, cargas simples de tipo impulsivo, armónico, etc) con modelos a pequeña escala. En la docencia de las asignaturas de Estructuras Sismorresistentes e Ingeniería Sísmica de Estructuras se emplea el modelo que se ilustra en la figura 1. Dada la sencillez de los ensayos y el reducido tamaño de los modelos, este tipo de ensayo se puede realizar en presencia de los estudiantes sin ningún riesgo.

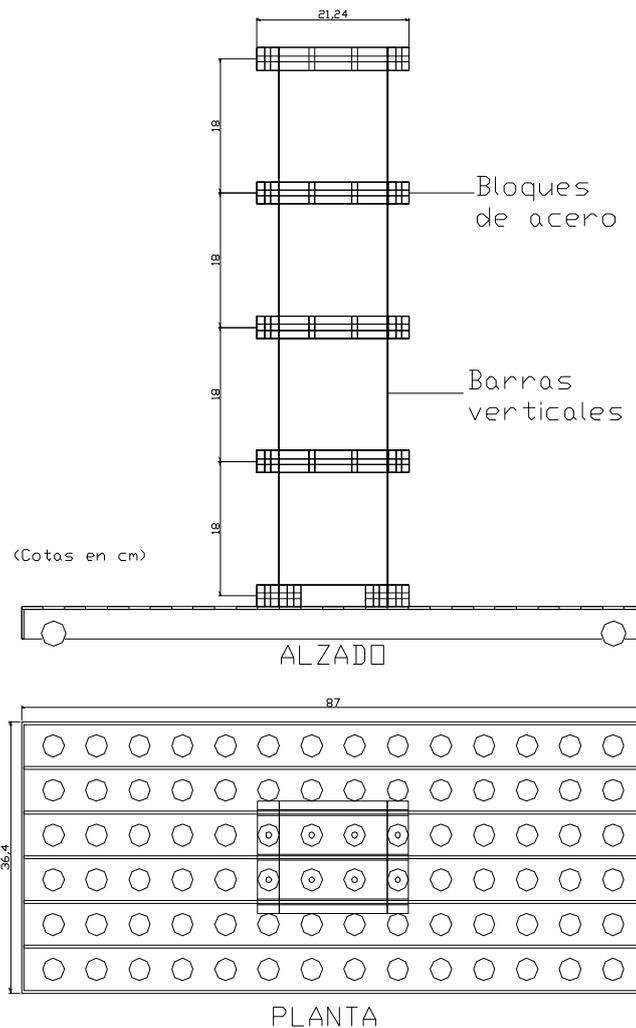


Fig. 1: Modelo a pequeña escala para ensayos dinámicos sencillos

### 3. ENSAYOS CON MESA SÍSMICA DE MODELOS A ESCALA CASI REAL

Una vez asimilados los conceptos básicos, las teorías y las herramientas físico-matemáticas que permiten predecir la respuesta general de sistemas de masas concentradas bajo cargas generales, el siguiente paso es adentrarse en las particularidades de las cargas dinámicas de tipo sísmico. Para ello, defendemos que es importante también que el alumno contemple primero el fenómeno físico. Aquí es donde juegan un papel relevante los ensayos dinámicos con mesa sísmica de modelos a escala próxima a la real. La realización de este tipo de ensayos presenta sin embargo varios problemas: son costosos en tiempo y dinero, complejos y la realización en presencia física de un número elevado de alumnos plantea problemas de seguridad y riesgos inasumibles. El primer problema se puede salvar empleando los propios ensayos que se realizan dentro de proyectos de investigación, lo cual permite un doble aprovechamiento investigador y docente. A la imposibilidad, por temas de seguridad, de realizar los ensayos en presencia de los alumnos se le pueden plantear dos soluciones alternativas: (1) proporcionar a los estudiantes material audiovisual (videos) de los ensayos realizados (observación en diferido del fenómeno físico); o bien (2) retransmitir los ensayos mientras se realizan a través de la web mediante la tecnología de *video streaming* (observación en tiempo real del fenómeno físico). En cualquiera de los dos casos, con posterioridad se le proporcionan al alumno datos del modelo ensayado, de la carga dinámica aplicada y algún parámetro de respuesta medido durante el ensayo. Con estos datos se pide al alumno que realice la predicción de este parámetro de respuesta basándose en los conocimientos teóricos adquiridos.

La alternativa (1) fue la inicialmente empleada en la docencia de las asignaturas mencionadas anteriormente. En la figura 2 se muestra la mesa sísmica del Laboratorio de Estructuras, adscrito al Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, con un modelo a escala 1/2. Gracias a un Proyecto de Innovación Docente financiado por la UGR, se ha puesto en marcha recientemente también la alternativa (2).

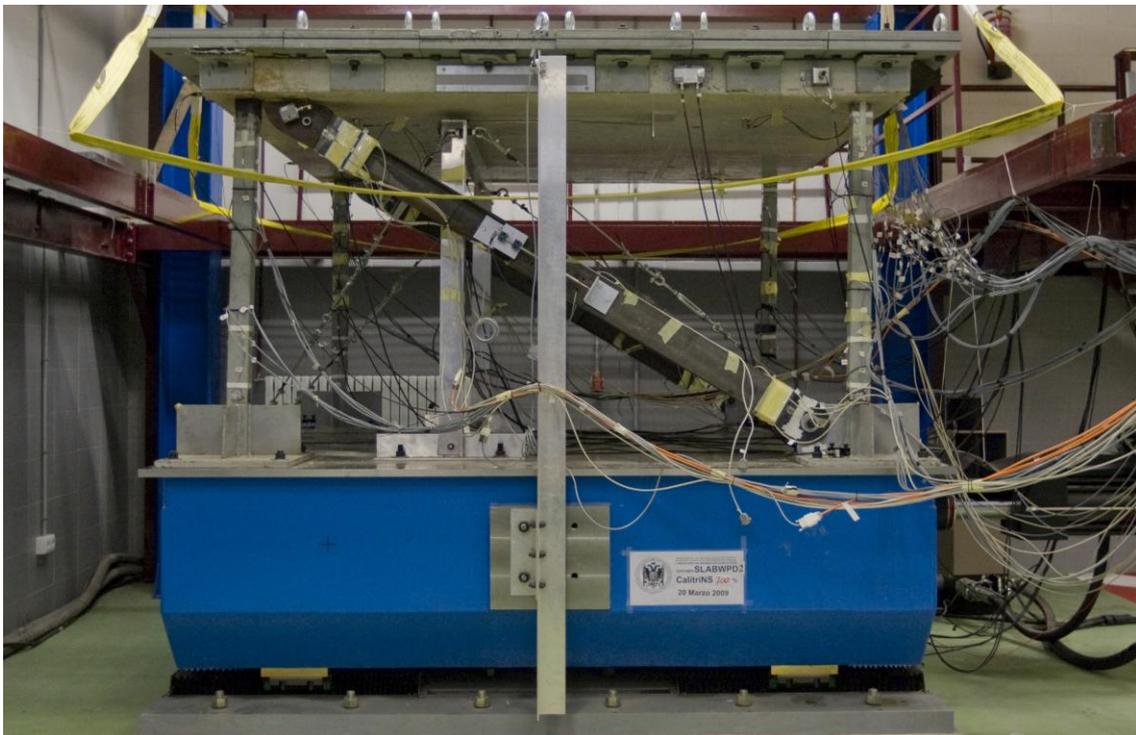


Fig. 2: Mesa sísmica y modelo a escala casi real para simular efectos de los terremotos

#### **4. USO DE PLATAFORMAS ON-LINE**

Todo este proceso de enseñanza-aprendizaje basado en un uso intensivo de experimentación genera una cantidad importante de información (escrita, audiovisual, software etc), y de actividades de intercambio de la misma entre profesores y alumnos. En estas labores de diseminación y recogida de información juega un papel esencial la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC). En las asignaturas mencionadas al principio, se ha venido empleando la plataforma Moodle.

#### **3. CONCLUSIONES**

El aprendizaje riguroso de materias relacionadas con la ingeniería sísmica requiere unas bases sólidas previas de dinámica general de estructuras por parte del alumno, y un entendimiento de las particularidades de este tipo de acciones en comparación con las de tipo gravitatorio. Para ambas cosas puede resultar muy eficaz desde el punto de vista didáctico, la realización de ensayos dinámicos sencillos con modelos a pequeña escala, y la observación virtual de ensayos con mesa sísmica de modelos a escala cercana a la real. La experiencia docente en este sentido de las asignaturas de Estructuras Sismorresistentes e Ingeniería Sísmica de Estructuras, en las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura e Ingeniería de Caminos Canales y Puertos de la Universidad de Granada así lo avalan.

#### **Bibliografía:**

- Biggs J (1987) Student approaches to learning and studying Hawthorn: Australian Council for Educational Research.
- Biggs J (1999) Teaching for quality learning university Buckingham, United Kingdom: Society for Research into Higher School.