



**POLITÉCNICA**



Grupo de Ingeniería Estructural  
*Structural Engineering Group*  
 Boletín de Información. *Newsletter*

## Structural Engineering Group Newsletter Issue 7, April 2017

<http://ingstruct.mecanica.upm.es>

El Grupo de Ingeniería Estructural es un grupo de investigación oficialmente reconocido de la Universidad Politécnica de Madrid. Sus miembros pertenecen mayoritariamente al departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

*The Structural Engineering Group is an official research group of the Technical University of Madrid, Spain. Most of its members belong to the department of continuum mechanics and structures of the school of civil engineering.*

### Contenidos. *Contents*

Message from the Chair.....	1
Research highlights.....	2
Events .....	6
The Group.....	7

### Carta del director del grupo

Quiero que mis primeras palabras en estas líneas sirvan como recuerdo a Pablo de la Fuente, quien fue el director de nuestro grupo hasta que nos dijo adiós el pasado mes de octubre. No me extenderé mucho hablando de Pablo, a quien muchas generaciones de ingenieros de caminos conocieron durante sus estudios en la Escuela y otros muchos tuvieron contacto profesional con él. Es sabido por todos que, a pesar de su colapsada agenda, Pablo siempre dedicaba tiempo para atender a quien fuera hacerle una consulta, ya fuera estudiante, otro profesor de la Escuela o algún ingeniero que necesitaba consejo sobre modelos numéricos, interacción suelo-estructura, dinámica, etc. Los que trabajamos estrechamente con él siempre guardaremos un grato recuerdo y le echaremos de menos.

En cuanto a los temas tratados en este boletín, en las siguientes páginas tratamos de mostrar los proyectos más importantes en los que estamos trabajando actualmente, que cubren temas de ingeniería estructural como el comportamiento dinámico de estructuras ligeras, análisis y cancelación de vibraciones, resistencia de estructuras de hormigón frente a impacto, hormigones con fibras o fatiga de elementos ferroviarios.

Carlos Zanuy Sánchez  
 Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

### *Message from the Chair*

*I would like that my first words in this message can*

*serve as a humble tribute to our former chair Prof. Pablo de la Fuente, who passed away last October. I won't be very long talking about Pablo, since many generations of civil engineers met him during their studies or due to professional reasons. We all know that Pablo, despite his fully busy schedule, was always ready to help everyone, either students to solve questions, or colleagues and other engineers to discuss about numerical models, ground-structure interaction, dynamics, etc. Those of us who had the honour of working with him will hold good memories of him, and we will miss him.*

*In the following paragraphs of this newsletter, we try to show some of the projects currently being run by our research group. They deal with structural engineering topics like dynamic behaviour of light structures, analysis of vibrations, vibrations cancel, resistance of concrete structures under impact loads, fiber-reinforced concrete materials or fatigue of railway structures.*

Dr.-Ing. Carlos Zanuy, Assist. Prof.

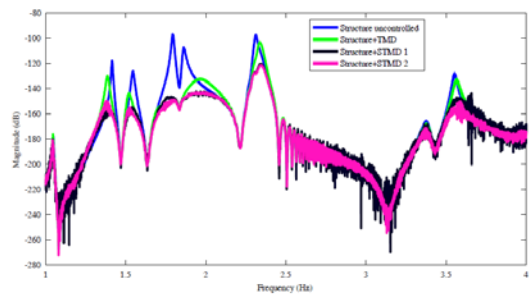
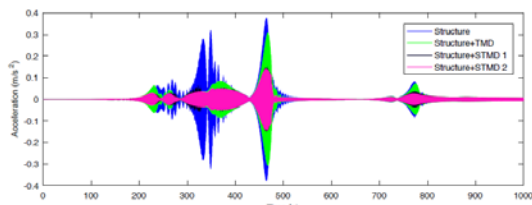


*Pablo (right) and Carlos during control of a laboratory test some years ago.*

**INVESTIGACIONES.  
RESEARCH HIGHLIGHTS**

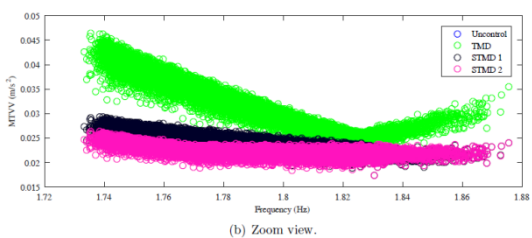
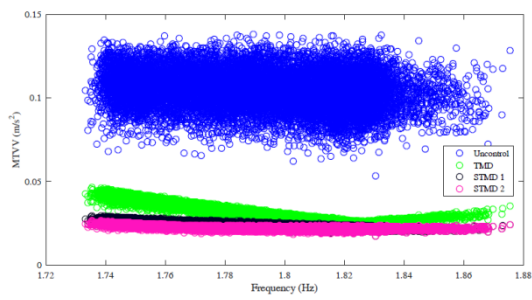
**Estudio de leyes de control semi-activo para TMDs**

El grupo está estudiando leyes de control semi-activo para su aplicación a TMDs (tuned mass dampers) equipados con amortiguadores magnetorreológicos y las ha comparado con la solución pasiva.



**Semi-active control vibration laws for TMDs**

The research group is studying different semiactive control laws to be applied to TMDs equipped with magnetorheological dampers.



**Technical data**  
**Title:** Development of novel systems for reducing vibrations in pedestrian structures (REVES-P)

**Participants:** Iván M. Díaz, J. García Palacios, Emiliano Pereira, Carlos Zanuy, José M Soria, Xidong Wang  
**Funding:** Spanish Ministry of Economy and Competitiveness. EXCELENCIA program  
**Period:** 2014-2017.

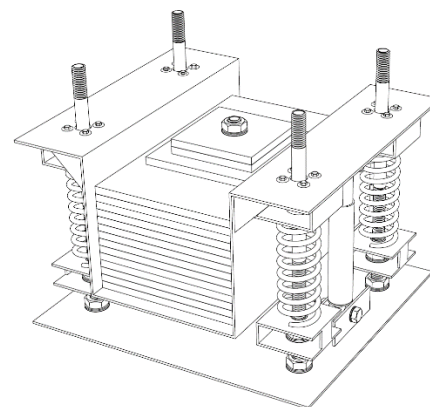
**Diseño y construcción de un TMD para el forjado del laboratorio**

El grupo ha diseñado y construido un amortiguador de masa sintonizada (TMD por sus siglas en inglés) para poder estudiar experimentalmente en laboratorio distintas leyes de control de vibraciones semi-activas, y compararlas con la solución pasiva. El TMD se ha construido para su montaje en el forjado mixto construido en el laboratorio.



**Design and construction of a TMD for our Lab Structure**

The research group has designed and constructed a TMD to work initially as a passive damper and to be upgraded to be semiactive. Several control laws are being experimentally implemented in our lab slab.



**Technical data**  
**Title:** Semiactive TMD for time-varying modal-parameter structures  
**Participants:** Iván M. Díaz, J. García Palacios, José M. Soria, Gonzalo Marinas  
**Period:** 2017.

## Resistencia frente a impacto de estructuras de hormigón

El diseño de estructuras de hormigón frente a cargas de impacto requiere entender el diferente comportamiento mostrado con respecto al desarrollado frente a cargas cuasi-estáticas. Las diferencias son debidas a: desarrollo de fuerzas de inercia que modifican la distribución de esfuerzos, modificación de las propiedades de los materiales en régimen de alta velocidad de deformación y efectos locales. La suma de esos aspectos hace que la respuesta sea más frágil en regímenes dinámico y estático, con mayores posibilidades de rotura por cortante o punzonamiento. Hemos desarrollado ensayos de impacto en vigas de hormigón armado con el objetivo de estudiar la diferencia de la resistencia a cortante estática y frente a impacto. Los resultados indican un factor de incremento dinámico significativo de la resistencia a cortante, parecido al de la resistencia a tracción del hormigón, y también hemos comprobado cómo las fuerzas de inercia juegan un papel relevante en la formación de la fisura crítica.



### Impact strength of concrete structures

*Design of concrete structures against impact loads requires understanding the different structural response under dynamic and quasi-static loading. Such differences are mainly due to three aspects: development of inertia forces which modify the distribution of sectional forces in the member, strain rate effects of material properties, and local effects. The former aspects result in a more brittle behaviour of reinforced concrete in dynamic regime than under quasi-static loads, and structural failure is governed by shear or punching. We have been doing impact tests on reinforced concrete beams in order to study the differences between the shear strength in dynamic and quasi-static regimes. The results so far have shown a high dynamic increase factor of the shear strength, similar to the rate sensitivity of the concrete tensile strength. Moreover, it has been observed how the development of inertia forces plays a significant role in the formation of the critical crack pattern.*

#### Technical data

*Title: Structural safety of concrete protection*

#### *structures impacted by rocks*

*Participants: C. Zanuy, L. Albajar, P. de la Fuente, G. Ulzurún, P. Fernández.*

*Funding: Spanish ministry of economy and competitiveness, National research foundation (Plan Nacional I+D+I, BIA2012-30998).*

*Period: 2013-2016.*

## Comportamiento de FRC en régimen de alta velocidad de formación

Para mejorar el comportamiento de la estructuras de hormigón frente a impactos, el uso de hormigones reforzados con fibras metálicas (FRC) tiene mucho potencial debido a su gran capacidad de absorción de energía tras la apertura de fisuras. Gracias a esa capacidad de absorción de energía, es posible evitar el fallo frágil por cortante o punzonamiento que tienden a desarrollar las estructuras de hormigón en régimen de alta velocidad de deformación. El uso apropiado del FRC requiere conocer su comportamiento en régimen de alta velocidad de deformación (*strain rate effects*). Se ha propuesto un modelo multi-nivel que parte del pull-out de las fibras con respecto a la matriz hasta llegar a la respuesta en tracción del FRC mediante la integración de la contribución de las fibras y la matriz. El modelo tiene una base mecánica que incluye los mecanismos de interacción entre fibra y matriz. El modelo ha permitido entender que el uso de fibras que movilizan mecanismos ligados al hormigón (por ejemplo, las fibras lisas que trabajan principalmente por adherencia) es más efectivo que el de fibras que aprovechan la capacidad del acero (por ejemplo, fibras con anclaje que requieren la plastificación del acero), porque este es menos sensible a la velocidad del deformación que el hormigón.



### Behaviour of FRC under high strain rates

*In order to improve the response of concrete structures under impact loading, the use of steel fiber-reinforced concrete (FRC) may have a big potential because of its high energy absorption capacity. That energy absorption can avoid the brittle*



failure by shear or punching of concrete structures in the high strain rate domain. The appropriate use of FRC in dynamic regime requires knowing the influence of strain rate effects. A multi-level approach has been proposed which arises from the study of the pull-out behaviour between fibers and matrix and ends up with the tensile response of FRC by the integration of the contribution of the fibers and the matrix. The model relies on a mechanical basis which accounts for the mechanisms mobilized at the fiber-matrix interaction. Among the results, it has been obtained that the use of fibers mobilizing concrete-related mechanisms during the pull-out from the matrix (e.g. straight fibers mainly working by bond) is more effective than the use of fibers mobilizing steel-related mechanisms (e.g. hook-ended fibers), because steel is much less rate-sensitive than concrete.

#### Technical data

**Title:** Structural safety of concrete protection structures impacted by rocks

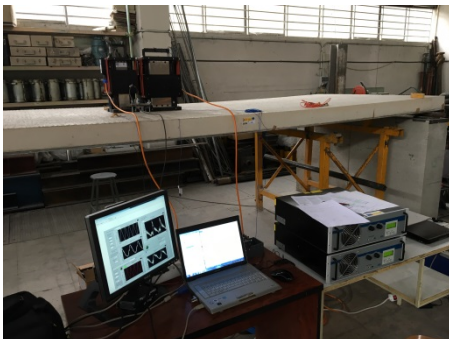
**Participants:** C. Zanuy, L. Albajar, P. de la Fuente, G. Ulzurún, P. Fernández.

**Funding:** Spanish ministry of economy and competitiveness, National research foundation (Plan Nacional I+D+I, BIA2012-30998).

**Period:** 2013-2016.

### Control activo de vibraciones del forjado del laboratorio

El grupo ha implementado un sistema de control SISO en el forjado del laboratorio. Ha empleado dos excitadores electrodinámicos, uno como excitador y el otro como actuador cancelando las vibraciones. Se usan filtros paso bajo y paso alto que aumentan la robustez del sistema. Además, se han probado diversas configuraciones de la losa.



#### AVC of the lab slab

The group has implemented a SISO AVC on the lab slab. One actuator (APS Dynamics Shaker) worked as an excitation source, while the other actuator was

used to control the vibration of the floor at the same point using velocity feedback. Both high-pass and low-pass filters were used, taken into consideration the spillover effects and the high sensitivity of actuator stroke saturation at low frequencies. Different configurations of the structure were tested.

#### Technical data

**Title:** AVC of floor vibrations

**Participants:** Iván M. Díaz, J. García Palacios, Xidong Wang, Emiliano Pereira

**Period:** since 2008.

### Fatiga de traviesas de hormigón pretensado

El estudio se ha centrado en la resistencia a fatiga de la sección central de traviesas ferroviarias de hormigón pretensado ante cargas repetidas severas, mayores a las producidas por las cargas características y que llegan a fisurar la sección central. En estas condiciones se ha desarrollado un estudio teórico y experimental, que ha permitido verificar la seguridad de estos elementos ferroviarios incluso ante cargas elevadas.



#### Fatigue of prestressed concrete railway sleepers

The study has focused on the fatigue strength of the midsection of prestressed concrete railway sleepers under severe repeated loads, leading to bending moments larger than those produced by so-called characteristic loads, even resulting in cracking of the midsection. A theoretical and experimental study has been carried out and the results have shown the safety of studied sleepers under severe repeated loads.

#### Technical data

**Title:** Behaviour of prestressed railway sleepers under controlled cracking situation

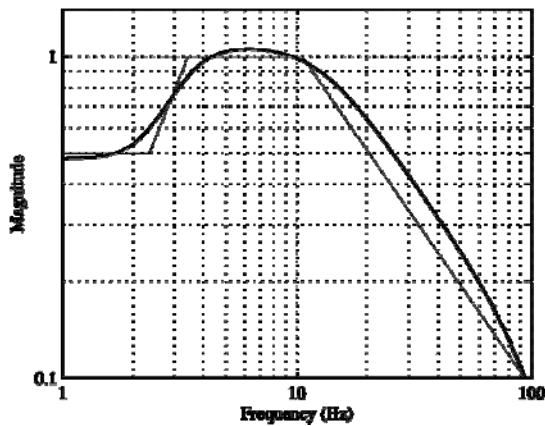
**Participants:** C. Zanuy, P. Fernández.

**Funding:** AFTRAV (Spanish Association of Manufacturers of Railway Sleepers)

**Period:** 2015-2016.

## Control activo de vibraciones MIMO

El grupo ha desarrollado una metodología para el diseño de sistemas de control MIMO para vibraciones inducidas por humanos. Esta metodología se centra en los rangos de frecuencia, tanto de excitación como de percepción, que son significativos dentro de las vibraciones inducidas por humanos.



### MIMO vibration control with input-output weighting functions

The group previously proposed a methodology to design MIMO AVC for human-induced vibrations, especially where the first vibration modes are closely spaced in frequency. However, to make this design more focused on the most important modes from the viewpoint of human perception and human excitation, input and output frequency weighting functions are included, thus making an enhanced version of this methodology. The validity has been verified by simulation results, and experimental implementations will be carried out.

#### Technical data

**Title:** Development of novel systems for reducing vibrations in pedestrian structures (REVES-P)

**Participants:** Iván M. Díaz, Emiliano Pereira, Xidong Wang

**Funding:** Spanish Ministry of Economy and Competitiveness. EXCELENCIA program

**Period:** 2014-2017.

## Análisis dinámico de pasarelas: experimental y numérico

Se han realizado ensayos y un modelo numérico para identificar los modos de vibración de una pasarela peatonal. Asimismo se ha evaluado su grado de confort de acuerdo con diferentes normativas. Estos ensayos se están utilizando para

evaluar nuevas normativas de aplicación en ensayos dinámicos de confort.



### Dynamic analysis of footbridges: numerical and experimental

Experimental and numerical dynamic modal analysis of pedestrian bridges is being carried out by the group. Besides, the vibration serviceability performance is assessed for controlled and uncontrolled tests using several international codes. Experimental trials and predicted responses via guidelines are critically compared.

#### Technical data

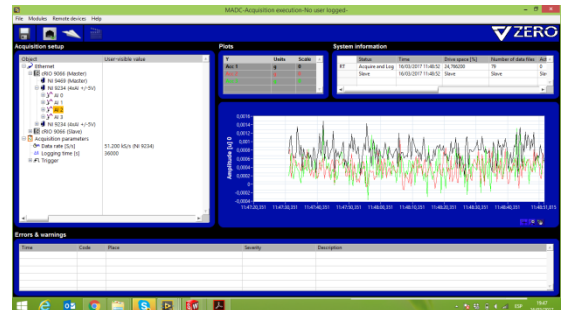
**Title:** Dynamic analysis of footbridges

**Participants:** Iván M. Díaz, J. García Palacios, José Manuel Soria

**Period:** since 2011.

## Desarrollo de un nuevo sistema de adquisición cuasi-distribuido

Para la toma de datos en estructuras optimizando la disposición de sensores al reducir la longitud necesaria de cables entre los distintos nodos de adquisición de datos. Con este sistema se ha mejorado en calidad de la información y estabilidad del sistema de medida. Además se reduce el impacto de la interacción de las mediciones sobre el normal uso de la infraestructura



### Development of a new quasi-distributed monitoring system

The research group has developed in collaboration with Vzero Engineering solutions a new acquisition

system consisted in several acquisition nodes synchronized via Ethernet. This system will improve the quality of data acquired and time of testing.

#### Technical data

**Title:** Development of a new quasi-distributed monitoring system

**Participants:** Iván M. Díaz, J. García Palacios, José Manuel Soria

**Period:** since 2011.

## EVENTOS. EVENTS

### Organization del 4th International Conference on Mechanical Models in Structural Engineering

Varios Miembros del Grupo GIE participan en el Comité Organizador del próximo International Conference on Mechanical Models in Structural Engineering (CMMoST-4) que tendrá lugar en la ETS de Ingenieros de Caminos de la UPM.

### Footbridges 2017

Iván Muñoz Díaz, miembro del Grupo GIE, forma parte del comité científico del conocido congreso Footbridges que tendrá lugar en Septiembre de 2017 en Berlín.

### VIBRAESTRUNET

El Grupo ha acogido la primera de las reuniones de la *Red sobre técnicas experimentales en dinámica estructural, actualizado computacional, dispositivos de mitigación de vibraciones y evaluación del estado límite de servicio* (BIA2015-71942-redt). Como resultado directo de esta reunión, el grupo GIE y el grupo GICONSIME de investigación en construcción sostenible simulación y ensayo de la Universidad de Oviedo ha solicitado un proyecto coordinado.

### EMPA short research visit

José Manuel Soria Herrera, miembro del grupo GIE y estudiante de doctorado cuyos directores son Iván Muñoz Díaz y Jaime García Palacios, ha realizado una visita al EMPA, para ver investigaciones actuales del centro y potenciar posibles futuras colaboraciones.



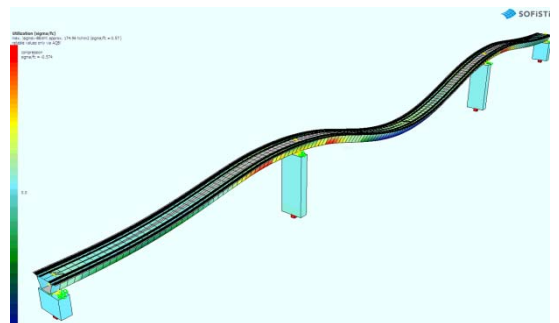
### Ensayos dinámicos coordinados en el Laboratorio de Estructuras

En el Laboratorio de Estructuras, el pasado mes de febrero, se acogió la realización de varios ensayos dinámicos en el forjado mixto: acelerómetros, ensayos de impacto, plantillas instrumentadas, placas de fuerza y varios sistemas distintos de adquisición. Dicho ensayo coordinado fue realizado por varios grupos de investigación (UPM\_Industriales, UPM\_GIE\_Caminos, UValladolid).



### Colaboración con la empresa PONDIO Ingenieros

El grupo GIE mantiene una colaboración con PONDIO Ingenieros sobre automatización de modelos, estudio de comportamiento dinámico de modelos de estructuras y análisis de CFD.



### Collaboration with Qatar University

One PhD student of the group GIE, Xidong Wang experienced a 3-month research stay in Qatar University, under the supervision of Dr. Onur Avci

from the Department of Civil and Architectural Engineering



### Proyectos de innovación educativa

Varios miembros del grupo participan en los siguientes proyectos de innovación educativa:

"Domotic Multidisciplinary Hydraulic Channel (DMHC)" donde se va a construir un nuevo canal hidráulico domotizado con electrónica de bajo coste con participación activa de los alumnos de la UPM para mejorar las prácticas de laboratorio

"Desarrollo de modelos web de experimentación numérica y de modelos experimentales con soporte computacional para análisis estático y dinámico de estructuras", donde se desarrollarán herramientas informáticas que ayuden a los alumnos en el aprendizaje de las asignaturas impartidas por los miembros del grupo.

### EL GRUPO. THE GROUP

#### *Members*

##### *Chair:*

- Carlos Zanuy

##### *Faculty:*

- Luis Albajar

- Carlos M. Castro

- Jaime García Palacios

- Rafael Fernández Díaz-Munío

- Rubén Martínez Marín

- Juan Carlos Mosquera

- Iván Muñoz Díaz

- José M. Simón-Talero

- Luis Plaza

##### *Research assistants and PhD students:*

- Gonzalo Sanz-Díez de Ulzurún

- José Manuel Soria Herrera

- Xidong Wang

#### *How to find us*

*Laboratory of Structures*

*E.T.S. Ingenieros de Caminos, UPM*

*c/ Profesor Aranguren 3, 28040 Madrid, Spain.*