PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS

Apellidos, nombre tutor(es): Gil-Martín, Luisa María

TITULO DEL TRABAJO: CONEXIÓN MODULAR ENTRE TENSEGRIDADES PARA CONSTRUIR UNA PASARELA PEATONAL TENSEGRÍTICA

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)

Una tensegridad es una estructura articulada, autoportante y precomprimida compuesta por un conjunto de elementos de compresión (barras) y tensión (cables) que se autoequilibran. Por lo tanto, este tipo de estructuras se compone de dos tipos de elementos estructurales rectos: barras comprimidas (que, en una definición estricta de tensegridad, no están en contacto entre sí) y cables. Las estructuras de tensegridad son muy atractivas para los ingenieros estructurales: barras que parecen flotar en el aire sin un orden aparente, sostenidas por cables y sin ningún tipo de soporte rígido.

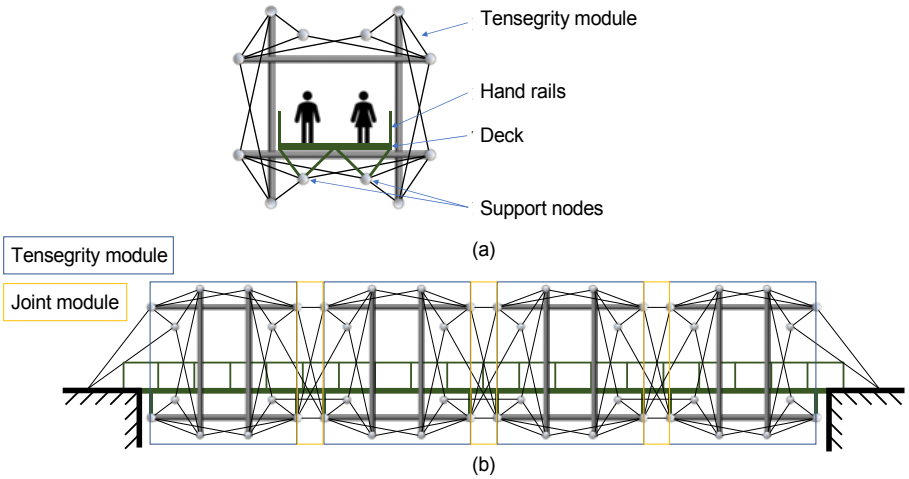
El diseño de estructuras de tensegridad es un proceso complejo porque no exhiben principios muy intuitivos. Una de las principales fuentes de estructuras de tensegridad en la literatura son los poliedros regulares, que incluyen tensegridades poliédricas simples, tensegridades prismáticas y tensegridades poliédricas truncadas. Otra forma de construir una estructura de tensegridad es ensamblando módulos elementales de una manera específica. El concepto de familia de tensegridad propuesto recientemente es otra gran fuente de estructuras de tensegridad. Una familia de tensegridad es un grupo de estructuras de tensegridad que comparten un patrón de conectividad común. Hasta ahora, se han definido tres familias de tensegridades: la familia Octaedro, X-Octaedro y Z-Octaedro. La mayoría de los miembros de estas familias cumplen con las condiciones de superestabilidad. La superestabilidad es un criterio de estabilidad para las estructuras de tensegridad mediante el cual la tensegridad siempre es estable independientemente del nivel de autoesfuerzo y las propiedades del material consideradas.

Uno de los aspectos clave en el proceso de diseño de estructuras de tensegridad es la búsqueda de forma. En la literatura existen numerosos trabajos sobre métodos de búsqueda de forma de estructuras de tensegridad.

El objetivo de este TFM es estudiar la conexión entre tensegridades, consideradas como los módulos que, correctamente ensamblados, conformarán una estructura más grande. La conexión entre tensegridades tienen un efecto significativo en el comportamiento estructural de toda la estructura y deben ser específicamente analizados en estructuras basadas en tensegridades.

OBJETIVOS:

Estudiar la conexión entre módulos para formar una pasarela peatonal. Los módulos serán tensegridades de una de las familias desarrolladas.



METODOLOGÍA:

- Estudiar la bibliografía
- Desarrollar una conexión entre módulos
- Realizar un modelo numérico de EF para validar la conexión propuesta y estudiar estructuralmente la pasarela tensegrítica.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

Fernández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E., Carbonell-Márquez, J.F., Gil-Martín, L.M. Octahedron family: The double-expanded octahedron tensegrity. International Journal of Solids and Structures, 2019, vol. 165, pp. 1-13. https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2019.01.017

Fernández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E., Gil-Martín, L.M. Topological design of the octahedron tensegrity family. Engineering Structures, 2022, vol. 259, 114211. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114211

Fernández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E., Gil-Martín, L.M. The Octahedron family as a source of tensegrity families: The X-Octahedron family. International Journal of Solids and Structures, 2021, vol. 208-209, pp. 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2020.10.019

Fernández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E., Gil-Martín, L.M. The Z-octahedron family: A new tensegrity family. Engineering Structures, 2020, vol. 222, 111151. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111151

Hernández-Montes, E., Fernández-Ruiz, M.A., Gil-Martín, L.M., Merino, L., Jara, P. Full and folded forms: a compact review of the formulation of tensegrity structures. Mathematics and Mechanics of Solids, 2017, vol.23, pp. 944-949. https://doi.org/10.1177/1081286517697372

Schek HJ. The force density method for form-finding and computation of general networks. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 1974, vol. 3, pp. 115–134. https://doi.org/10.1016/0045-7825(74)90045-0

Hernández-Montes, E., Jurado-Piña, R., Bayo, E. Topological mapping for tension structures. Journal of Structural Engineering, 2006, vol. 132, pp. 970-977. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:6(970)

Carbonell-Márquez, J.F., Gil-Martín, L.M., Fernández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E. Topological design of compression structures. Archive of Applied Mechanics, 2016, vol. 86, pp. 1495–1508. https://doi.org/10.1007/s00419-016-1131-y

Fenández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E., Carbonell-Márquez, J.F., Gil-Martín, L.M. Patterns of force:length ratios for the design of compression structures with inner ribs. Engineering Structures, 2017, vol. 148, pp. 878-889. http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.07.027

Fernández-Ruiz, M.A., Moskaleva, A., Gil-Martín, L.M., Palomares, A., Hernández-Montes, E. Design and form-finding of compression structures with prestressing tendons. Engineering Structures, 2019, vol. 197, 109394. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109394

Fernández-Ruiz, M.A., Hernández-Montes, E., Gil-Martín, L.M. From octagonal connection graphs belonging to the Z-Octahedron family to new tensegrity structures. International Journal of Solids and Structures, 2022, vol. 254-255, 111901. https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2022.111901

Moskaleva, A., Gusev, S., Konev, S., Sergeichev, I., Safonov, A., Hernández-Montes, E. Composite freeform shell structures: design, construction and testing. Composite Structures, 2023, vol. 306, 116603. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.116603

Granada a 11 de diciembre de 2023

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Becerril Jarque, Santiago
Datos contacto tutor (si no es de la UGR): santiago.becerril@ifmif-dones.es

TITULO DEL TRABAJO:
"Revisión y compilación de las capacidades experimentales de IFMIF-DONES"

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
En el contexto de los proyectos varios donde se ha llevado a cabo el progreso del diseño de referencia de IFMIF-DONES durante las últimas décadas, se ha generado una cantidad significativa de documentación relativa a las diversas capacidades experimentales que IFMIF-DONES puede albergar.
Esta documentación, muy diversa y a veces deslavazada, no ha sido sintetizada convenientemente hasta la fecha, ni sus propuestas de capacidades experimentales han sido consideradas globalmente para proceder a una primera priorización si quiera cualitativa.

OBJETIVOS:
Recopilación de propuestas experimentales presentes en la documentación diversa generada hasta la fecha y producción de una lista priorizada, en base a criterios cualitativos, de todas ellas.

METODOLOGÍA:
+ Revisión de toda la documentación generada en el contexto de IFMIF-DONES acerca de propuestas experimentales, tanto en el dominio de la fusión como en otros.
+ Eventualmente, aunque muy conveniente, revisión de publicaciones de DEMO para identificar las necesidades más importantes que se vislumbran dentro de la hoja de ruta europea por la fusión.
+ Establecimiento de criterios cualitativos para evaluación/priorización de las diferentes propuestas.
+ Aplicación de dichos criterios a las propuestas experimentales recopiladas.
+ Producción de una clasificación cualitativa y priorizada de las propuestas, según los criterios establecidos.
+ Conclusiones preliminares

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:
Documentación de IFMIF-DONES
Publicaciones de DEMO y otras relativas a la hoja de ruta europea por la fusión.

Granada a 07 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

Fdo.: Santiago Becerril Jarque *Fdo.* _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Torregrosa Martín, Claudio
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: **Safety Isolation valves for IFMIF-DONES Confinements**

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
The defence-in-depth principles applied to the IFMIF-DONES Safety design involves the definition of several barriers of Safety Confinements which shall be isolated by means Safety-credited Isolation Valves to bring the plant to "Safe-Sate" in case of accidental events. Several types of these valves are already well identified and comprises a variety of fluids and characteristics (water, gases, liquid Li). These valves shall be highly robust and reliable, presenting design aspects such as fail-safe and single-failure resistance. This work will involve a systematic review and compilation of the requirements of these valves in IFMIF-DONES, a literature-review of the state-of-the art of these types of valves used in other facilities, and identification and communications of eventual suppliers providing commercial solutions for these components.

OBJETIVOS:

-To perform a compilation of all the Safety Isolation Valves that will be required in IFMIF-DONES and their configuration.
-To perform a literature review of commercial valves which could perform these functions and are safety credited (i.e. used in Nuclear Power Plants)
- To summarize all the information in a single report (TFM), including definition of requirements of these valves, reliability data and to define their operation mode (i.e. level of redundancy, type of maintenance needed, etc).

METODOLOGÍA:

- Extract the key information from IFMIF-DONES documentation (report, drawings, P&IDs, etc). And in collaboration with IFMIF-DONES engineers.
- Define the valves safety requirements
- Contact with safety valve suppliers to learn about possible commercial suppliers fulfilling the requirements
-Summarize all the findings in a well written report (TFM).

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

-IFMIF-DONES documentación
-Other publications from the Nuclear field and commercial datasheets.

Granada a 12 de 12 de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____ *Fdo.* _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Torregrosa Martín, Claudio
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: **Diagnostics and Instruments Database Compilation**

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
The design of IFMIF-DONES comprises the use of extensive Instruments distributed along its Groups of Systems (Accelerator Systems, Li Systems, Test Systems and Building & Plant Systems). These instruments are classified and feed with information to different Diagnostics, which are transversal to the systems of the facility and define their functional requirements. Information of these Diagnostics and Instruments is being gathered in transversal databases. The work will consist in supporting the completion of this database by extracting information from the technical documentation available and meeting with the respective experts and designers.

OBJETIVOS:

-To support the compilation of the IFMIF-DONES Instruments and their classification within the Diagnostics Databases.
- To summarize all the information in a single report (TFM)

METODOLOGÍA:

- Extract the key information from IFMIF-DONES documentation (report, drawings, P&IDs, etc). And in collaboration with IFMIF-DONES engineers.
- Get familiar with the methodology of the Diagnostics database of IFMIF-DONES
- Complete the Diagnostics databases of IFMIF-DONES for Lithium Systems and Accelerator Systems, defining instrument requirements.
-Summarize all the findings in a well written report (TFM).

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

-IFMIF-DONES documentación
-Other related publications and commercial datasheets.

Granada a 12 de 12 de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____ *Fdo.* _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Maestre Heredia, Jorge
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: Estudio y simulación de métodos de aislamiento sísmicos aplicados a IFMIF-DONES

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
La Parcela donde se construirá IFMIF-DONES se encuentra en el Parque Metropolitano Industrial y Tecnológico de Granada, en Escúzar. En el centro de la parcela se levanta el Edificio Principal que contiene los sistemas principales de la instalación, esto es, el acelerador de partículas, el circuito de litio y la celda de ensayo neutrónico. El edificio consiste en una estructura de hormigón armado con unas dimensiones aproximadas de 80 m x 160 m en forma de L y tiene una altura total de 34m aprox. divididos en 4 plantas. Debido a las condiciones sísmicas del emplazamiento y singularidad de la instalación, se prevé que el Edificio Principal estará aislado sísmicamente con el fin de reducir las demandas sísmicas tanto de la estructura como equipos/sistemas alojados. Diferentes modelos de FEM han sido desarrollado durante el diseño del proyecto, si bien el coste computacional de dichos modelos es extraordinariamente alto dependiendo del nivel de detalle. El objetivo del presente trabajo es desarrollar un modelo simplificado del edificio principal, que pueda capturar el modo de comportamiento global del mismo ante un evento sísmico. Este modelo permitirá estudiar paramétricamente la influencia de diferentes posibles alternativas de aislamiento sísmico e influencia del suelo.

OBJETIVOS: Análisis del comportamiento dinámico del edificio principal de IFMIF-DONES en el caso de un evento sísmico mediante el desarrollo de modelos simplificados, considerando el aislamiento sísmico del mismo e influencia/interacción con el suelo.

METODOLOGÍA:
- Estado del arte sobre sistemas de aislamiento sísmicos
- Estudio de modelos simplificados aplicados a edificios singulares sísmicamente aislados
- Estudio del sistema estructural empleado en el edificio IFMIF-DONES y propiedades geodinámicas del suelo.
- Desarrollo de modelos numéricos aplicado al edificio IFMIF-DONES (dominio del tiempo y/o frecuencia)
- Redacción del trabajo fin de máster.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Ashiquzzaman, Md, and Kee-Jeung Hong. "Simplified model of soil-structure interaction for seismically isolated containment buildings in nuclear power plant." Structures. Vol. 10. Elsevier, 2017.

- Tabatabaiefar, Hamid Reza, and Ali Massumi. "A simplified method to determine seismic responses of reinforced concrete moment resisting building frames under influence of soil–structure interaction." Soil Dynamics and Earthquake Engineering 30.11 (2010): 1259-1267.
- Spyrakos, C. C., Ch A. Maniatakis, and I. A. Koutromanos. "Soil–structure interaction effects on base-isolated buildings founded on soil stratum." Engineering Structures 31.3 (2009): 729-737.

Granada a ___ de _____ de _____

EL/LOS TUTORES

EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____

Fdo. _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Maestre Heredia, Jorge
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: Análisis de métodos de caracterización geodinámica del suelo aplicados al emplazamiento de IFMIF-DONES (Escuzar)

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
Los requisitos sísmicos son parte esencial de una instalación como IFMIF-DONES. Los efectos asociados a las condiciones geológicas locales constituyen una parte importante de cualquier evaluación de la peligrosidad sísmica. Experiencias previas han demostrado la importancia de contar con procedimientos y técnicas de análisis fiables en la evaluación de la peligrosidad sísmica, que tengan en cuenta el llamado "efecto de sitio", pudiendo este último cambiar la forma del espectro de respuesta de diseño y, por tanto, modificar las demandas sísmicas sobre las instalaciones. Varias campañas de caracterización dinámica del emplazamiento han sido realizadas en los últimos años. Algunas de las técnicas utilizadas, como ESAC o HVSR son métodos indirectos basados en la propagación de ondas en el suelo para inferir propiedades a alta profundidad. Aunque en la literatura existen ciertos algoritmos para procesar dichas medidas, debido a las particulares del emplazamiento y métodos de auscultación utilizados, se requiere cierta adaptación en aras a obtener resultados suficientemente precisos a alta profundidad, que es el objeto del presente TFM.

OBJETIVOS: Análisis de las curvas de dispersión de las ondas superficiales e inferencia de las características geodinámicas del suelo, con especial aplicación a IFMIF-DONES

METODOLOGÍA:
- Revisión de la literatura, en particular propagación de ondas en el suelo, y técnicas de caracterización geodinámica del suelo.
- Estudio de las campañas de caracterización geodinámica desarrolladas en la parcela de IFMIF-DONES
- Estudio de las técnicas ESAC y HVSR, entre otras, y técnicas de inversión del perfil del suelo
- Adaptación de los algoritmos de inversión y aplicación al emplazamiento
- Recopilación de la información y redacción del documento de tesis de master.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:
Dal Moro, Giancarlo. Efficient joint analysis of surface waves and introduction to vibration analysis: beyond the clichés. Springer Nature, 2020.

Granada a ___ de _____ de _____

EL/LOS TUTORES

EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____

Fdo. _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Becerril Jarque, Santiago
Datos contacto tutor (si no es de la UGR): santiago.becerril@ifmif-dones.es

TITULO DEL TRABAJO:
Diseño y análisis de una solución constructiva para encofrado perdido del suelo del Bucket de IFMIF-DONES para maximizar su conductancia térmica y disipación de calor nuclear acumulado.

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
El llamado Bucket de IFMIF-DONES es la cavidad del Edificio Principal que aloja la Celda de Ensayos. Esta Celda es la que aloja la reacción de desgarro ("stripping") del haz de deuterones (D+) contra el Blanco de litio, además de los sistemas principales que entran en juego por dicha reacción, la cual produce un flujo enorme de neutrones rápidos y radiación gamma. Por ello, la interacción de esos campos con la materia de los componentes en el interior de la Celda de Ensayos produce un muy relevante campo de deposición de energía en forma de calor, calor que necesita evacuarse para que los componentes de la Celda de Ensayos trabajen de manera adecuada.
Especial mención merece el suelo de la Celda de Ensayos, por pertenecer a la estructura del Edificio Principal y, por ello, ser inherentemente no mantenible ni extraíble. Ello implica que la construcción de esa parte debe priorizar la evacuación de calor del hormigón hacia afuera de esa cavidad llamada Bucket. Para ello, el hormigón de dicha cavidad, la cual va encamisada por acero inoxidable, ha de tener buena conductancia térmica con el sistema de refrigeración del fondo de la Vasija que se aloja en la misma, cosa que implica que todo el encamisado del Bucket debe presentar una vasta área de contacto con el hormigón que tiene debajo.
Una solución propuesta en el proyecto es la de usar ese encamisado del Bucket (sobre todo la parte del fondo (suelo) como encofrado perdido que limite la cota superior del hormigón de la losa que separará la Celda de Ensayos del piso inferior. Así el fraguado del hormigón fresco con su encamisado garantizaría cierta unión química y, por ende, un buen contacto térmico en una vasta área.

OBJETIVOS:
Diseño y análisis de solución constructiva para el encamisado del fondo del Bcuket de IFMIF-DONES usado como encofrado perdido para garantizar una buena conductancia térmica en una vasta área de contacto.

METODOLOGÍA:
+ Revisión de documentación acerca de técnicas de encofrado perdido en edificios técnicos.
+ Revisión de documentación acerca de conducción térmica en hormigón y conductancias de contacto con encofrados metálicos perdidos.
+ Revisión de técnicas de venteado de aire durante vertido de hormigón para evitar bolsas de aire contra el encofrado perdido.
+ Exploración de soluciones constructivas aplicables a este problema.
+ Análisis estructurales y termoestructurales de las soluciones
+ Selección de la mejor opción
+ Diseño de la solución seleccionada a nivel preliminar pero realista desde el punto de vista constructivo.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:
Documentación de IFMIF-DONES

Granada a 07 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

Fdo.: Santiago Becerril Jarque *Fdo.* _____

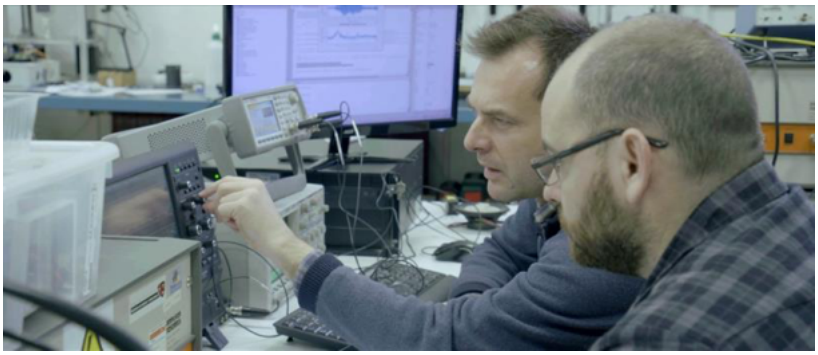
PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor: Guillermo Rus Carlborg grus@go.ugr.es

TITULO DEL TRABAJO:
Evaluación de la anisotropía en tejido blando con aplicación a diagnóstico clínico

Se propone el uso de los principios racionales de la mecánica de sólidos y las ondas P y S aplicada a tejidos para desarrollar una nueva tecnología de diagnóstico médico.



Este proyecto consiste en:

(1) ensayar la propagación ultrasónica en tejido blando,

(2) colaborar en el desarrollo y prototipado de un dispositivo capaz de generar y recibir las ondas,

(3) validarlo en muestras simulando tejido, y terminar realizando una prueba piloto en el Hospital Clínico Universitario San Cecilio.

El alumno se involucrará en un equipo de trabajo experimentado, con el que compartirá tareas en función de sus habilidades e intereses. Existen opciones de compaginar con prácticas de empresa y también de contratación laboral al finalizar el máster.

Bibliografía: https://t.ly/_6bnQ

Granada a 9 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

Fdo. Guillermo Rus Carlborg *Fdo.* _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor: Guillermo Rus Carlborg grus@go.ugr.es

TITULO DEL TRABAJO:
Formulación y validación de modelo hiperelástico no lineal de tejido blando

Se propone el desarrollo de técnicas basadas en la interacción de ultrasonidos con tejidos con fines de diagnóstico, basándonos en que las propiedades elásticas y mecánicas varían durante ciertos procesos patológicos, en nuestro caso el cáncer de piel. Los objetivos concretos de este TFM consisten en partir de nuestros trabajos existentes para:

(1) formular un modelo mecánico multiescala hiperelástico no lineal, y su relación con la propagación de ondas de torsión no lineales, que describa las anteriores interacciones, y

(2) validarlo in vitro con ensayos micromecánicos de tracción, utilizando y adaptando los dispositivos existentes del laboratorio de evaluación no destructiva de la UGR.

El alumno se involucrará en un equipo de trabajo experimentado, con el que compartirá tareas en función de sus habilidades e intereses. Existen opciones de compaginar con prácticas de empresa y también de contratación laboral al finalizar el máster.

Bibliografía: https://t.ly/_6bnQ

Granada a 9 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

Fdo. Guillermo Rus Carlborg *Fdo.* _____

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Escuela Internacional de Posgrado

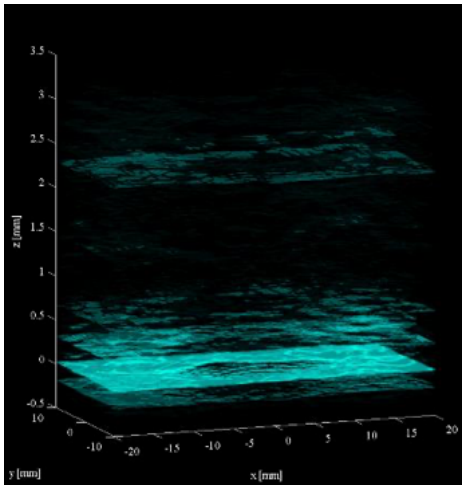
Máster Universitario en Estructuras

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor: Guillermo Rus Carlborg grus@go.ugr.es

TITULO DEL TRABAJO:
Microelastografía para la cuantificación de las propiedades mecánicas en tejidos blandos a nivel celular



Las técnicas elastográficas para diagnóstico clínico permiten una cuantificación en la macroescala, sin embargo, el comportamiento de los tejidos está gobernado por la estructura interna de los mismos, una estructura en la microescala. Se propone una técnica de microelastografía óptica que mejora la resolución espacial y la sensibilidad en la caracterización mecánica de células. Los objetivos concretos de este TFM consisten en partir de nuestros dispositivos y principios físicos existentes para,

(1) diseñar un dispositivo de emisión y recepción de ondas de cizalla y validación del mismo mediante imagen con cámara de alta velocidad.

(2) validación experimental in vitro.

El alumno se involucrará en un equipo de trabajo experimentado, con el que compartirá tareas en función de sus habilidades e intereses. Existen opciones de compaginar con prácticas de empresa y también de contratación laboral al finalizar el máster.

Bibliografía: https://t.ly/_6bnQ

Granada a 9 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

Fdo. Guillermo Rus Carlborg *Fdo.* _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): *López Almansa, Francisco*
Datos contacto tutor (si no es de la UGR): *francesc.lopez-almansa@upc.edu*

TITULO DEL TRABAJO: *Viabilidad tecnológica y económica de la protección sismorresistente de edificios esenciales mediante aislamiento sísmico*

INTRODUCCIÓN: *En diversos países con importante sismicidad (especialmente de América Latina, aunque también de otras regiones del mundo) se está produciendo un proceso de promoción del aislamiento sísmico (de base) para proporcionar resistencia sísmica a diversas construcciones de ingeniería civil, especialmente edificios de alta importancia en caso de terremotos (hospitales con capacidad asistencial, sobre todo). Esta promoción choca con diversas reticencias, tanto de índole tecnológica (fruto del desconocimiento y de una cierta desconfianza a un campo relativamente nuevo) como económica (esto es particularmente relevante en economías emergentes). Además, en América Latina se da una cierta escasez y precariedad de normativa sobre este tema; se tiende a utilizar los documentos Americanos, lo cual no siempre resulta demasiado aconsejable, ya que éstos son excesivamente conservadores (ésta es una de las razones del escaso éxito del aislamiento sísmico en USA) y están fuertemente adaptados al contexto de dicho país (las características del suelo suelen ser diferentes de las habituales en muchos lugares de América Latina).*

OBJETIVOS: *El objetivo de este trabajo es investigar la factibilidad de proporcionar protección sismorresistente a edificios esenciales mediante aislamiento sísmico; a este efecto, se analizará, como caso de estudio, un edificio real (o al menos realista) situado en una zona de alta sismicidad. El estudio debe abarcar tanto los aspectos tecnológicos como los económicos (en el contexto actual).*

METODOLOGÍA: *La metodología para desarrollar esta investigación consta de las siguientes etapas: (i) elegir un contexto geográfico (preferiblemente, éste será el país del alumno o aquél que más conozca o en el que piense desarrollar su actividad laboral), (ii) seleccionar un edificio real que reúna las características deseadas (de no encontrarse éste, se puede tomar diseñar un edificio apropiado), (iii) diseñar la estructura del edificio prototipo (siguiendo las prescripciones de la normativa local) para dos situaciones: cimentación tradicional (base fija) y aislamiento de base, y (iv) estimar y comparar los costes de ambas soluciones. Es destacable que este trabajo no se orienta a analizar en profundidad un determinado caso particular, sino a detectar tendencias generales, aplicables a un amplio conjunto de situaciones reales; en este sentido, el diseño del sistema de aislamiento se efectuará mediante el procedimiento más sencillo previsto en la*

normativa (fuerzas laterales equivalentes o similar) en vez de otros procedimientos potencialmente más exactos (análisis dinámico nolineal, por ejemplo). Por último, el sistema de aislamiento utilizará apoyos de material elastomérico ("rubber bearings") en vez de otros dispositivos (FPS, entre otros).

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- *ASCE/SEI 7-22. 2022. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers.*
- *Higashino M, Okamoto S. 2006. Response Control and Seismic Isolation of Buildings. Taylor & Francis.*
- *Kelly JM. 1993. Earthquake-resistant design with rubber. Springer.*
- *Kelly JM, Konstantinidis D. 2011. Mechanics of Rubber Bearings for Seismic and Vibration Isolation. John Wiley.*
- *Naeim F, Kelly JM. 1999. Design of seismic isolated structures: From Theory to Practice. John Wiley.*
- *Skinner RI, Robinson WH, McVerry GH. 1993. An Introduction to Seismic Isolation. John Wiley.*

Granada a ___ de _____ de _____

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____ *Fdo.* _____

Oferta de proyectos para Trabajo Fin de Máster

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTRUCTURAS

Identificación del profesor:

Nombre y apellidos: Esther Puertas (Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible SES-Lab)
Contacto (email, tlfno, web...): epuertas@ugr.es (https://blogs.ugr.es/seslab/)

Oferta de proyectos:

PROYECTO 1

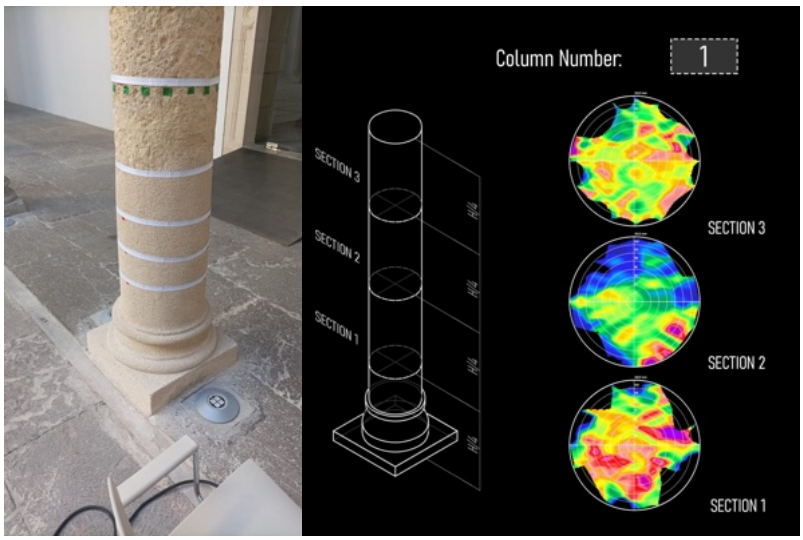
TÍTULO:

Desarrollo de tomografías sísmicas en elementos patrimoniales

Cotutorizado por Ignacio Arto.
Mentorizado por Ricardo A. Castro Suárez
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

El patrimonio arquitectónico es un recurso estratégico para el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles (objetivo 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)), siendo de gran valor para la sociedad desde un punto de vista cultural, histórico, social y económico. Su conservación es clave. Si bien es necesario establecer metodologías no destructivas o mínimamente invasivas que permitan caracterizar correctamente las propiedades mecánicas de los elementos estructurales con objeto de poder analizar su comportamiento.
El o la estudiante deberá desarrollar una metodología de obtención de tomografías basadas en la propagación de ondas sísmicas como alternativa a las ya desarrolladas en el grupo de investigación mediante ultrasonidos (UPV). El uso de ondas sísmicas supone una ventaja sobre las acústicas debido a la dificultad de la toma de datos de estas últimas y la ventaja que supone tener múltiples receptores frente a única excitación para la toma de las primeras.



PROYECTO 2

TITULO:

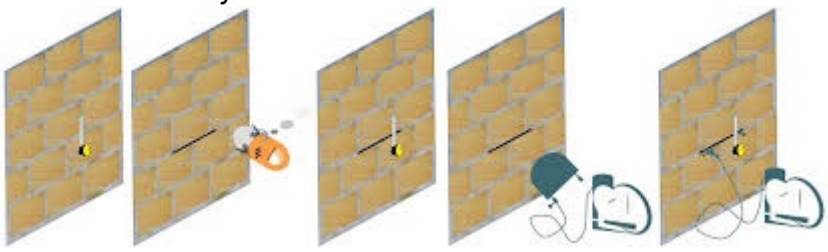
Caracterización mecánica y a fractura de elementos estructurales de tapia empleando ensayos mínimamente invasivos.

Cotutorizado con Rafael Gallego
Mentorizado por Ricardo A. Castro Suárez
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

El patrimonio arquitectónico es un recurso estratégico para el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles (objetivo 11 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)), siendo de gran valor para la sociedad desde un punto de vista cultural, histórico, social y económico. Su conservación es clave. Si bien es necesario establecer metodologías no destructivas o mínimamente invasivas que permitan caracterizar correctamente las propiedades mecánicas y a fractura de los elementos estructurales con objeto de poder analizar su comportamiento.

Dentro de la línea de investigación denominada "Aplicación de técnicas no destructivas para la caracterización de materiales, detección de defectos y estudio de la salud estructural", el o la estudiante desarrollará un trabajo de investigación con el objetivo de aplicar ensayos ligeramente destructivos en elementos estructurales fabricados en laboratorio con la técnica del tapial para la obtención de propiedades mecánicas y a fractura.



PROYECTO 3

TITULO:

Estudio de la matriz de arcilla como aglutinante en la tapia.

Cotutorizado con Rafael Gallego
Mentorizado por Álvaro Blanca-Hoyos
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

El uso de la tierra como material de construcción se remonta al origen de la humanidad. La tierra como material de construcción tiene importantes ventajas ya que es capaz de equilibrar la humedad del aire entre el exterior y el interior y de almacenar calor. Además, el coste energético de su preparación y transporte es muy inferior al de materiales modernos como es el hormigón. Además, la tierra es reutilizable tras su demolición lo que hace que las construcciones en tierra estén en auge dentro de la construcción sostenible. El principal problema en su uso radica en que existe un número reducido o casi nulo de normativas que permitan establecer los estándares de la construcción actual.
Este trabajo de investigación tiene como objeto avanzar en el estudio del efecto de la arcilla dentro de la matriz conformada por la propia arcilla y las diferentes granulometrías de arena y grava usadas en este tipo de construcción tradicional. Se propone investigar en la determinación de la humedad de compactación a partir del porcentaje de arcilla presente en la mezcla y su impacto en la resistencia a compresión y tracción de la tapia.

PROYECTO 4

TITULO:

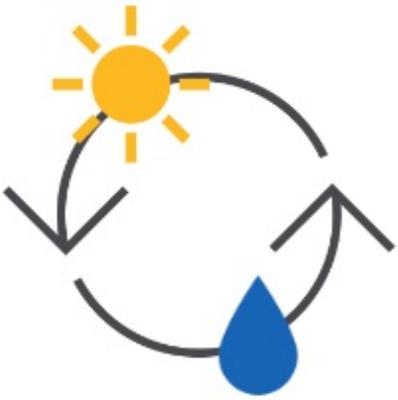
Estudio de la durabilidad de la tapia frente a ciclos humedad-sequedad y su influencia en las propiedades mecánicas.

Cotutorizado con Fernando Ávila
Mentorizado por Álvaro Blanca-Hoyos
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

El uso de la tierra como material de construcción se remonta al origen de la humanidad. La tierra como tiene importantes ventajas ya que es capaz de equilibrar la humedad del aire entre el exterior y el interior y de almacenar calor. Además, el coste energético de su preparación y transporte es muy inferior al de materiales modernos como es el hormigón. Además, la tierra es reutilizable tras su demolición lo que hace que las construcciones en tierra estén en auge dentro de la construcción sostenible. El principal problema en su uso radica en que existe un número reducido o casi nulo de normativas que permitan establecer los estándares de la construcción actual.

Este trabajo de investigación tiene como objeto avanzar en el estado del conocimiento de una de las técnicas más empleadas en la construcción en tierra, el tapial, particularmente en lo relacionado con su conservación. Para ello, el o la estudiante desarrollará un trabajo experimental en laboratorio con el objeto de caracterizar mecánicamente probetas fabricadas con esta técnica sometidas a ensayos de durabilidad basados en humedad-sequedad.



PROYECTO 5

TITULO:

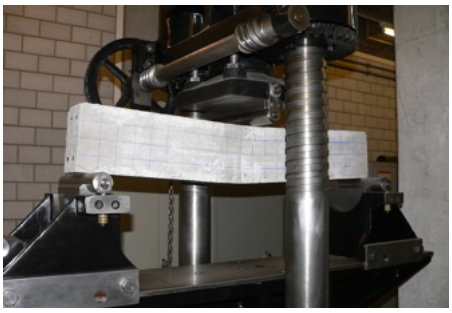
Análisis experimental y numérico del comportamiento a flexión del tapial: ensayo de tres puntos

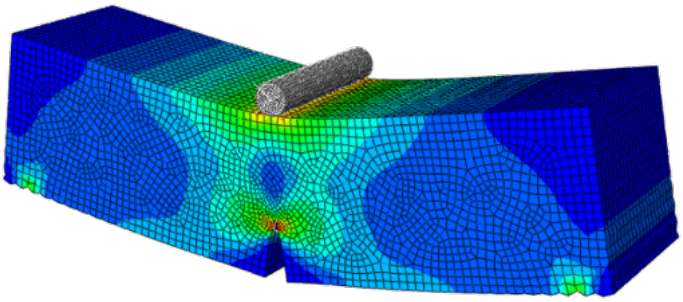
Cotutorizado con Fernando Ávila
Mentorizado por Ricardo A. Castro Suárez
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

El uso de la tierra como material de construcción se remonta al origen de la humanidad. La tierra como tiene importantes ventajas ya que es capaz de equilibrar la humedad del aire entre el exterior y el interior y de almacenar calor. Además, el coste energético de su preparación y transporte es muy inferior al de materiales modernos como es el hormigón. Además, la tierra es reutilizable tras su demolición lo que hace que las construcciones en tierra estén en auge dentro de la construcción sostenible. El principal problema en su uso radica en que existe un número reducido o casi nulo de normativas que permitan establecer los estándares de la construcción actual.

Diversos estudios han analizado sus propiedades mecánicas en los últimos años, pero la inmensa mayoría han estado centrados en su comportamiento a compresión. Por ello, en el presente trabajo el estudiante realizará un estudio de las propiedades de flexión del tapial mediante ensayos de laboratorio (ensayo de tres puntos) y su modelización numérica mediante elementos finitos.





PROYECTO 6

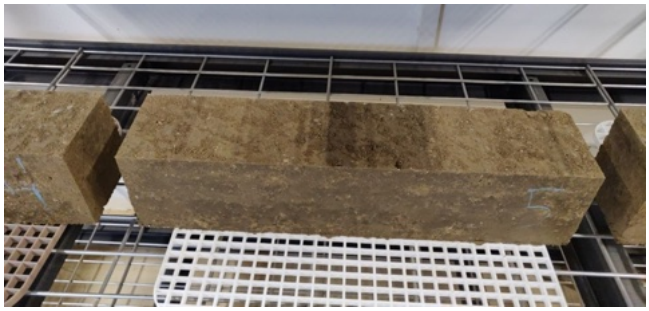
TITULO:

Mecánica de la fractura en tapial. Efecto del uso de diferentes concentraciones de estabilizante naturales en la energía de fractura.

Cotutorizado con Rafael Gallego
Mentorizado por Álvaro Blanca-Hoyos
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

Las construcciones de tierra tienen un creciente interés actual debido a su bajo impacto energético y a su bajo coste económico, además de beneficios sociales como la economía circular y local que genera. De entre ellas destacan la técnica constructiva del tapial, en la que mediante la compactación de tongadas de una mezcla de grava, arena, arcilla y agua se construyen muros de tapia. Pese al creciente interés en ellas, actualmente su caracterización se limita a la capacidad de resistir a compresión de estas estructuras, cuando su mayor vulnerabilidad es la resistencia a tracción y la alta inercia que suelen tener las estructuras de tapia frente a acciones dinámicas como los sismos. En este trabajo de investigación, se propone incidir en la mecánica de fractura de la tapia y en la posible mejora del comportamiento a tracción de las estructuras de tapia mediante el uso de diferentes estabilizantes naturales en diferentes proporciones.



PROYECTO 7

TITULO: Análisis numérico del proceso constructivo de la bóveda anular del Palacio de Carlos V de la Alhambra.
Cotutorizado con Fernando Ávila
Mentorizado por Ricardo A. Castro Suárez
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

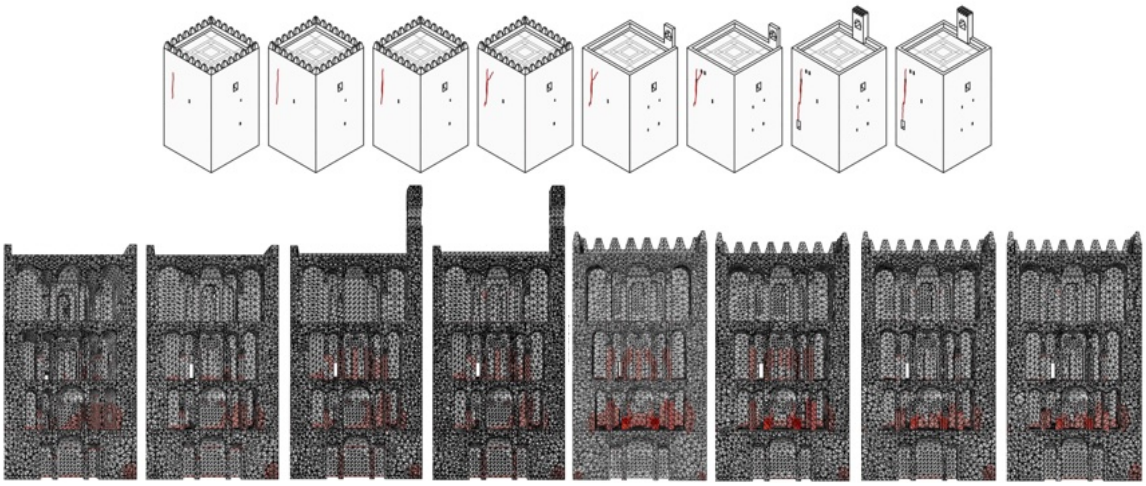
La bóveda anular del Palacio de Carlos V de la Alhambra de Granada es uno de los elementos estructurales más singulares entre las construcciones de mampostería, debido a su doble curvatura y a la existencia de un eje vertical de revolución que conforman un sistema estructural autoestable en su configuración final. La construcción de este elemento, sin embargo, es crítica, ya que antes de su finalización requiere la utilización de medios auxiliares que garanticen su estabilidad.
En el presente trabajo, el estudiante desarrollará un modelo de detalle de elementos finitos simulando las distintas fases del proceso constructivo en base a las hipótesis más probables para el mismo, evaluando la viabilidad de las mismas para garantizar la estabilidad estructural del elemento a lo largo de todo el proceso.

PROYECTO 8

TITULO: Arqueoanálisis Estructural de un elemento del patrimonio arquitectónico.
Cotutorizado con Rafael Gallego
Mentorizado por Álvaro Blanca-Hoyos
Posibilidad de combinar con Prácticas Externas de Investigación en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible

BREVE DESCRIPCIÓN

La relevancia del patrimonio arquitectónico ha propiciado el desarrollo de múltiples técnicas para promover su conservación. El empleo de modelos numéricos para el análisis de comportamiento de estructuras históricas ha sido ampliamente empleado con objeto de predecir su vulnerabilidad y establecer los riesgos a los que están sometidas.
Sin embargo, los métodos numéricos también pueden ser empleados como una herramienta que permita describir la historia de un elemento estructural. En este trabajo de investigación, el o la estudiante realizará un análisis de una edificación histórica definiendo sus estadios histórico-estructurales para caracterizar el comportamiento de la estructura a lo largo de su vida.



20 de diciembre de 2023

Fdo. Esther Puertas

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): INAS H FARIS AL AZZAWI
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: Explorando la Física de Ondas de Corte en Tejidos Blandos: Un Enfoque Ex Vivo en Piel

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)

El cáncer de piel es una de las formas más comunes de cáncer a nivel mundial. Su incidencia ha ido en aumento debido a factores como la exposición excesiva a la radiación ultravioleta y cambios ambientales. Detectar y diagnosticar tempranamente el cáncer de piel es crucial para mejorar las tasas de supervivencia. Sin embargo, la diferenciación entre tejido cutáneo sano y patológico sigue siendo un desafío significativo. La caracterización mecánica de los tejidos blandos, especialmente la piel, puede jugar un papel vital en el avance de las técnicas de diagnóstico.

OBJETIVOS:

Objetivo Principal

Comprender en profundidad el comportamiento mecánico de los tejidos blandos, con especial énfasis en la piel, para caracterizar sus propiedades y detectar cambios asociados a tejidos patológicos, como los cancerígenos.

Objetivos Específicos

- Caracterización Mecánica: Utilizar una prensa biaxial para medir la respuesta mecánica de tejidos de piel ex vivo, enfocándose en ondas superficiales y su propagación.
- Modelización en COMSOL: Desarrollar y validar modelos computacionales en COMSOL para simular la dinámica de las ondas en tejidos de poco espesor.
- Análisis de Biomarcadores: Investigar cómo indicadores como la elasticidad, viscosidad y no linealidad se alteran en tejidos patológicos.
- Diferenciación entre Tejido Sano y Patológico: Utilizar los datos obtenidos para distinguir entre tejido cutáneo sano y afectado por patologías, especialmente cáncer.

Implicaciones Clínicas: Explorar cómo estos hallazgos pueden aplicarse en el diagnóstico temprano y preciso del cáncer de piel.

METODOLOGÍA:

1. Selección y Preparación de Tejidos Animales Ex Vivo:

Se seleccionarán tejidos de piel de origen animal, asegurando que las muestras sean representativas y consistentes. Los tejidos serán preparados y preservados adecuadamente para mantener sus propiedades biomecánicas durante las pruebas.

2. Uso de la Prensa Biaxial:

Se empleará una prensa biaxial para aplicar ondas de corte a los tejidos.

Se ajustará la prensa para replicar condiciones biomecánicas realistas, basándose en modelos de la literatura científica o desarrollando nuevos modelos según sea necesario.

3. Medición de la Respuesta del Tejido a Ondas de Corte:

Se someterán los tejidos a ondas de corte bajo diferentes condiciones de carga y frecuencias para evaluar su respuesta mecánica. Se monitorizará y registrará la propagación de las ondas y la respuesta del tejido en tiempo real.

4. Modelización en COMSOL:

Se utilizará COMSOL Multiphysics, un software comercial de modelado, para simular las condiciones experimentales y la respuesta del tejido. Las simulaciones ayudarán a comprender los fenómenos observados y a validar los resultados experimentales.

5. Recopilación y Análisis de Datos:

Se acumulará un conjunto de datos a partir de las pruebas experimentales y las simulaciones de COMSOL. Se realizará un análisis estadístico de los datos para identificar patrones, correlaciones y diferencias significativas en la respuesta del tejido.

6. Verificación y Validación:

Se verificará y validará el conjunto de pruebas y modelos para asegurar la precisión y la relevancia de los resultados. Se compararán los resultados con estudios existentes y se buscará publicar los hallazgos en revistas científicas relevantes.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Biomechanics of Soft Tissue in Cardiovascular Systems por Gerhard Holzapfel y Ray Ogden.
- Soft Tissue Mechanics por Larry A. Taber.
- Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium por Lawrence E. Malvern.
- Mechanical Characterization of Skin: Experimental and Analytical Advances por Annaidh A.N., Bruyère K., Destrade M., Gilchrist M.D., y Ottenio M.
- Yang Y, Tang X, Zhong L, Zhang L, Tang Y, Wang Y, Lv X, Qiu L. Shear wave elastography-based skin assessment system for systemic sclerosis: a supplement or alternative to conventional ultrasound? Quant Imaging Med Surg. 2023 Jul 1;13(7):4405-4414. doi: 10.21037/qims-22-1267. Epub 2023 May 19. PMID: 37456300; PMCID: PMC10347310. Bursa J, Zemanek M. Evaluation of biaxial tension tests of soft tissues. Stud Health Technol Inform. 2008;133:45-55. PMID: 18376012.
- Gupta V, Gupta S, Chanda A. Development of an ultra-low-cost planar biaxial tester for soft tissue characterization. Biomed Phys Eng Express. 2023 Feb 20;9(2). doi: 10.1088/2057-1976/acb940. PMID: 36745909.

Granada a 20 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____ *Fdo.* _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): INAS H FARIS AL AZZAWI
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO:
Explorando la Biomecánica de Fantomas: Uso de Ondas de Cizalla y Microelastografía Óptica

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)

En la ingeniería mecánica, este trabajo de máster se dedica a la caracterización de fantomas, simuladores elaborados con mezclas de polivinil alcohol (PVA) y poliacrilamida. Utilizaremos el sistema Verasonics, una plataforma avanzada de ultrasonido, para analizar las propiedades viscoelásticas de estos materiales bajo variadas condiciones. Verasonics destaca por su alta resolución y capacidad de captura de datos, facilitando un análisis preciso de la respuesta mecánica de los materiales.

Complementando esta tecnología, la microelastografía óptica se aplicará para estudiar cambios en rigidez y viscosidad, aspectos claves en la mecánica de materiales. El propósito es validar la eficiencia de estas técnicas y avanzar en el conocimiento de propiedades viscoelásticas, con potencial aplicación en el diseño de materiales avanzados y medicina regenerativa.

Este proyecto representa un enfoque integrado de ingeniería mecánica y biotecnología, aspirando a contribuciones significativas en el diseño de dispositivos médicos y en la ingeniería de materiales.
La caracterización viscoelástica de materiales ha sido un área de creciente interés en la ingeniería, con aplicaciones significativas en diversos campos. En particular, la comprensión detallada de las propiedades mecánicas de materiales biomiméticos se ha vuelto esencial para el diseño y desarrollo de dispositivos avanzados y soluciones médicas.

OBJETIVOS:

1. Medición de Velocidad de Ondas con Verasonics:
Emplear el sistema Verasonics para medir con precisión la velocidad de propagación de ondas en fantomas de PVA y poliacrilamida.
2. Análisis Detallado de Propiedades con Microelastografía Óptica:
Utilizar la microelastografía óptica para evaluar exhaustivamente las propiedades viscoelásticas de los materiales.
3. Estudio de Rigidez y Viscosidad:
Variar la composición de los fantomas para investigar un amplio rango de rigidez y viscosidad, analizando su impacto en las propiedades viscoelásticas.
4. Validación y Comparación de Técnicas:

Contrastar y validar los datos obtenidos con Verasonics y microelastografía óptica, asegurando la consistencia y precisión de las mediciones.

5. Análisis Estadístico para Correlaciones:

Realizar un análisis estadístico riguroso para descubrir correlaciones entre la composición de los materiales y sus propiedades viscoelásticas.

6. Aplicaciones Biomiméticas y Avances en Ingeniería:

Integrar los resultados en el contexto biomimético, evaluando las potenciales aplicaciones en medicina y la ingeniería de materiales avanzados.

METODOLOGÍA:

1. Elaboración de Fantomas:

Desarrollar y sintetizar una serie diversificada de fantomas con proporciones variables de polivinil alcohol (PVA) y poliacrilamida, con el objetivo de obtener un espectro representativo de características viscoelásticas.

2. Experimentación Mediante Verasonics:

Aplicar el sistema Verasonics para cuantificar la velocidad de propagación de las ondas en los fantomas, poniendo especial énfasis en analizar la respuesta elástica de los materiales bajo estudio.

3. Implementación de Microelastografía Óptica:

Emplear la técnica de microelastografía óptica para una evaluación detallada y precisa de las propiedades viscoelásticas de los distintos fantomas.

4. Ajuste Controlado de Propiedades Mecánicas:

Modificar de manera controlada la composición química de los fantomas para inducir variaciones en sus características de rigidez y viscosidad, investigando así su influencia en las propiedades mecánicas.

5. Proceso de Validación Comparativa:

Realizar una comparación sistemática de los resultados adquiridos a través de Verasonics y microelastografía óptica, con el fin de validar la coherencia y fiabilidad de los datos obtenidos.

6. Análisis Estadístico Riguroso:

Proceder a un análisis estadístico exhaustivo de los conjuntos de datos recopilados para discernir patrones y correlaciones significativas entre la composición material y sus propiedades viscoelásticas.

7. Evaluación de Aplicaciones Prácticas:

Examinar críticamente la aplicabilidad y relevancia práctica de los hallazgos, enfocándose en sus posibles implicaciones en el campo de la ingeniería biomédica y la ingeniería de materiales, resaltando oportunidades y aplicaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. M. O. Culjat, D. O. Levy, M. S. Goldenberg y M. Hamilton, “Review: ultrasound in medicine: a review”, Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine, vol. 28, no. 5, pp. 623-637, 2009

2. Dong, B., Sun, C., & Zhang, H. F. (2016). Optical detection of ultrasound in photoacoustic imaging. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 64(1), 4-15.

3. Oyen, M. L. (2014). Mechanical characterisation of hydrogel materials. International Materials Reviews, 59(1), 44-59.
4. Madsen, E. L., Zagzebski, J. A., Banjavie, R. A., & Jutila, R. E. (1978). Tissue mimicking materials for ultrasound phantoms. Medical physics, 5(5), 391-394.
5. Brandenburg, J. E., Eby, S. F., Song, P., Zhao, H., Brault, J. S., Chen, S., & An, K. N. (2014). Ultrasound elastography: the new frontier in direct measurement of muscle stiffness. Archives of physical medicine and rehabilitation, 95(11), 2207-2219.
6. Hou, Y., Chen, C., Liu, K., Tu, Y., Zhang, L., & Li, Y. (2015). Preparation of PVA hydrogel with high-transparence and investigations of its transparent mechanism. RSC Advances, 5(31), 24023-24030.
7. Shung, K. K., Smith, M., & Tsui, B. M. (2012). Principles of medical imaging. Academic Press.
8. Deng, Y., Rouze, N. C., Palmeri, M. L., & Nightingale, K. R. (2016). Ultrasonic shear wave elasticity imaging sequencing and data processing using a verasonics research scanner. IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, 64(1), 164-176

Granada a 20 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES | EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____ | *Fdo.* _____

Máster Universitario en Estructuras

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Enrique García Macías
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: Empleo de vehículos robóticos para la caracterización dinámica experimental de estructuras de puentes

INTRODUCCIÓN:
El Mantenimiento Estructural Preventivo (MEP) representa una de las áreas de mayor interés tecnológico y científico en el campo de la Ingeniería Estructural. Conocido ampliamente por su terminología en inglés, Structural Health Monitoring (SHM), el MEP abarca una amplia variedad de técnicas de monitorización no destructiva y algoritmos de identificación de daños, con el objetivo común de detectar la aparición de patologías en etapas tempranas de desarrollo en obras de ingeniería. En este contexto, el reciente auge de las técnicas de aprendizaje de máquinas, inteligencia artificial, tecnologías de monitorización basadas en el internet de las cosas, y la robótica, ofrece oportunidades de desarrollo sin precedentes en el campo del MEP. En concreto, el desarrollo de sistemas robóticos capaces de realizar de manera autónoma la monitorización de estructuras brinda un enorme potencial de desarrollo, minimizando la necesidad de mano de obra experta, así como los costes de transporte e instalación de los sistemas de monitorización.

Es en este contexto donde el presente trabajo plantea el desarrollo de un sistema robótico de monitorización basados en vehículos a ruedas capaz de realizar campañas de vibración ambiental en estructuras de puentes. El sistema consistirá en un nodo sensor estático y un robot móvil (Figura 1). Ambos elementos, equipados con acelerómetros MEMS y microcontroladores sincronizados mediante comunicación Wifi, deberán ser capaces de realizar un registro de aceleraciones ambientales en el puente mediante un esquema “stop and go”. Según este esquema, el vehículo irá recorriendo el tablero del puente realizando paradas periódicas. Durante dichas fases de parada, los acelerómetros del nodo estático y del vehículo se sincronizarán, y realizarán una toma de medida permaneciendo el vehículo inmóvil. Finalmente, una vez el vehículo recorra todo el puente, las señales adquiridas se procesarán para identificar las frecuencias de resonancia y las formas modales del puente.

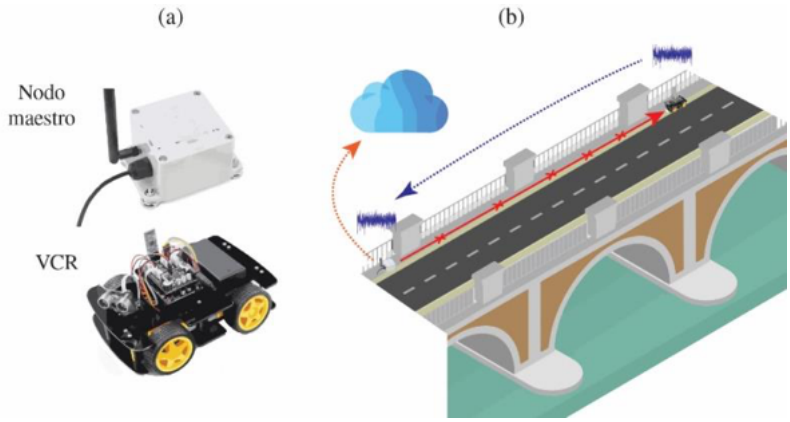


Figura 1. Componentes del sistema de monitorización planteado (a), y esquema de funcionamiento (b).

OBJETIVOS:

El trabajo plantea cuatro grandes objetivos a alcanzar:

- Diseño de chasis de vehículo robótico, y sensorística del nodo estático y el vehículo.
- Desarrollo de códigos de control de vehículo robótico.
- Desarrollo de códigos de identificación dinámica basados en esquemas de toma de datos de tipo "stop and go".
- Aplicación del sistema desarrollado para la identificación de pasarela metálica.

METODOLOGÍA:

La metodología del proyecto se articula en los siguientes seis ítems:

- Planificación: Se elaborará un cronograma ajustado a las tareas planteadas en el proyecto, incluyendo la consecución de hitos que verifiquen la consecución de los objetivos planteados. Mediante tutoría semanales o bisemanales se revisará el grado de consecución del trabajo, se discutirán los avances logrados, y se solventarán posibles incidencias, y se reajustará la planificación, si procede.
- Revisión bibliográfica: El alumno recibirá instrucción por parte del tutor en aspectos relativos a Actualización de modelos y técnicas de agrupación de parámetros. Asimismo, se le proporcionará bibliografía detallada acerca de los casos de estudio a analizar.
- Diseño, construcción y montaje del prototipo en el laboratorio de Ingeniería Estructural Sostenible (SES-Lab).
- Programación en lenguaje Python de los algoritmos de control del vehículo robótico.
- Programación en lenguaje Python de los algoritmos de identificación dinámica.
- Realización de campaña experimental de identificación dinámica de pasarela peatonal metálica.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). Pattern recognition and machine learning (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer.

Magalhães, F., & Cunha, Á. (2011). Explaining operational modal analysis with data from an arch bridge. Mechanical systems and signal processing, 25(5), 1431-1450.

García-Macías, E., & Ubertini, F. (2020). MOVA/MOSS: Two integrated software solutions for comprehensive Structural Health Monitoring of structures. Mechanical Systems and Signal Processing, 143, 106830.

Oyekola, P., Lambrache, N., Mohamed, A., Pumwa, J., Olaru, L., N'Drelan, B., & Ebere, C. (2019). Design and construction of an unmanned ground vehicle. In International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (pp. 488-495).

Granada a 18 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES

EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____

Fdo. _____

Máster Universitario en Estructuras

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Enrique García Macías
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: Desarrollo de un gemelo digital estructural del puente de Méndez Núñez en Granada

INTRODUCCIÓN: (contexto y antecedentes)
El empleo de modelos estructurales para la identificación del daño en estructuras civiles representa una importante área de investigación en el campo del mantenimiento estructural preventivo (MEP). Estas técnicas consisten en la calibración inversa o actualización de un modelo numérico de una estructura monitorizada en base a ciertas características medidas experimentalmente (p.ej. desplazamientos, rotaciones, o propiedades modales). De este modo, es posible identificar las propiedades de ciertos elementos estructurales, y con ello la posible aparición de daño estructural, a través de resolver un problema de optimización dedicado a minimizar las diferencias entre las predicciones del modelo y los datos experimentales.

Si bien el desarrollo de las técnicas de identificación del daño basadas en modelos ha experimentado un enorme crecimiento en los últimos años, su aplicación para la evaluación en tiempo real y a largo plazo aún se encuentra en fases muy tempranas de desarrollo. Esto se debe principalmente al gran coste computacional de los modelos numéricos comúnmente empleados en las obras de ingeniería civil, lo que dificulta enormemente su calibración continua. Es por ello que, en la actualidad, la mayoría de las aplicaciones de actualización de modelos se realizan de manera discreta en el tiempo, de modo que la capacidad para identificar patologías en etapas tempranas de desarrollo se ve considerablemente mermada. En este sentido, el reciente desarrollo de técnicas de meta-modelado para reemplazar modelos numéricos pesados ha abierto enormes posibilidades para el desarrollo de gemelos digitales estructurales, capaces de identificar en tiempo real y de manera continua el estado de salud de infraestructuras de ingeniería civil de grandes dimensiones.

Es en este contexto donde se enmarca el presente trabajo. El particular, el trabajo plantea el desarrollo de un gemelo digital estructural de un puente postensado real localizado en Granada capital, el puente de Méndez Núñez. Este puente está monitorizado de manera permanente desde principios de 2023 mediante un sistema de monitorización consistente en diez acelerómetros, cuatro sondas térmicas, así como sensores MEMS de temperatura y humedad. En este trabajo, se desarrollará un gemelo digital capaz de identificar en cuasi tiempo-real el estado de salud de las distintas partes del puente mediante la calibración

inversa de un metamodelo procesando de manera continua los datos de monitorización recogidos en el puente.

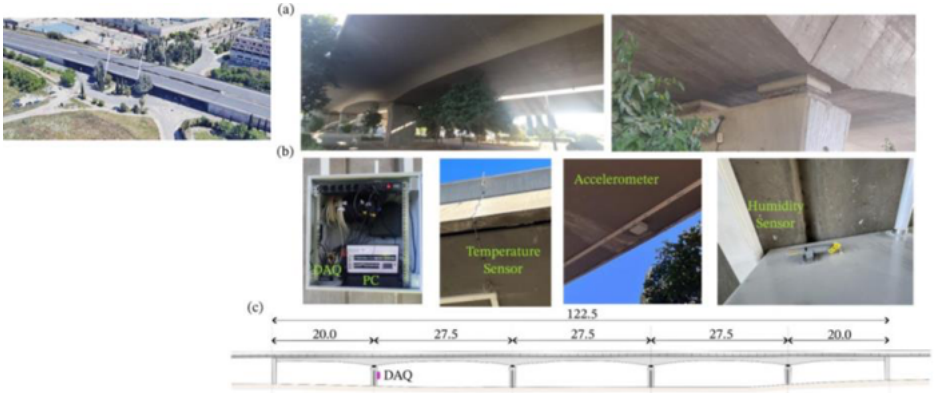


Figura 1. Fotografías del puente de Méndez Núñez (a), sistema de monitorización (b), y plano de alzado (c).

OBJETIVOS:

El trabajo plantea cuatro grandes objetivos a alcanzar:

- Estudio e implementación de técnicas de metamodelado y calibración inversa de modelos numéricos.
- Desarrollo de un modelo tridimensional de elementos finitos del puente de Méndez Núñez, y posterior metamodelado.
- Desarrollo de códigos de procesamiento de las señales de monitorización recogidas en el puente.
- Implementación del gemelo digital desarrollado en el sistema de monitorización y control del puente de Méndez Núñez.

METODOLOGÍA:

La metodología del proyecto se articula en los siguientes seis ítems:

- Planificación: Se elaborará un cronograma ajustado a las tareas planteadas en el proyecto, incluyendo la consecución de hitos que verifiquen la consecución de los objetivos planteados. Mediante tutoría semanales o bisemanales se revisará el grado de consecución del trabajo, se discutirán los avances logrados, y se solventarán posibles incidencias, y se reajustará la planificación, si procede.
- Revisión bibliográfica: El alumno recibirá instrucción por parte del tutor en aspectos relativos a Actualización de modelos y técnicas de agrupación de parámetros. Asimismo, se le proporcionará bibliografía detallada acerca de los casos de estudio a analizar.
- Programación en lenguaje Python de los algoritmos desarrollados.
- Simulación del puente de Méndez Núñez mediante elementos finitos.
- Metamodelado del modelo de elementos finitos mediante técnicas de modelos subrogados.
- Desarrollo de un gemelo digital estructural capaz de recibir el flujo continuo de datos de monitorización del puente, y ofrecer como salida el estado de salud de ciertos elementos estructurales del puente.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

Friswell, M., & Mottershead, J. E. (1995). Finite element model updating in structural dynamics (Vol. 38). Springer Science & Business Media.

Bartilson, D. T., Jang, J., & Smyth, A. W. (2019). Finite element model updating using objective-consistent sensitivity-based parameter clustering and Bayesian regularization. Mechanical Systems and Signal Processing, 114, 328-345.

Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). Pattern recognition and machine learning (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer.

García-Macías, E., Venanzi, I., & Ubertini, F. (2020). Metamodel-based pattern recognition approach for real-time identification of earthquake-induced damage in historic masonry structures. Automation in Construction, 120, 103389.

Granada a 18 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES

EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____

Fdo. _____

PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE MÁSTER DE ESTRUCTURAS (breve descripción, máx. 2 páginas)

Apellidos y nombre alumno: email:

Apellidos, nombre tutor(es): Enrique García Macías
Datos contacto tutor (si no es de la UGR):

TITULO DEL TRABAJO: Desarrollo de un sistema de monitorización basado en tecnologías IoT y galgas extensiométricas para la caracterización dinámica de estructuras

INTRODUCCIÓN:

En el campo del mantenimiento estructural preventivo (MEP), las técnicas basadas en análisis modal operacional representan una de las tecnologías más ampliamente usadas para la monitorización de obras de ingeniería civil de grandes dimensiones. Estas técnicas permiten identificar las propiedades dinámicas (frecuencias de resonancia, tasas de amortiguamiento, y modos de vibración) mediante el análisis de la vibración ambiental de las estructuras. Este proceso se puede realizar en condiciones de normal funcionamiento sin necesidad de introducir excitaciones artificiales, no siendo necesario interrumpir el servicio de la estructura monitorizada. Asimismo, dado que las propiedades modales dependen de las propiedades de rigidez global de la estructura, la aparición de un daño puede detectarse a través de variaciones persistentes en las mismas. No obstante, estas técnicas son muy poco sensibles a patologías locales como corrosión, ataques químicos, o pequeñas grietas que no comprometan el comportamiento global de la estructura. Es por ello que, en los últimos años, existe un gran interés por el empleo de sensores estáticos con una capacidad superior para detectar patologías locales. En particular, las galgas extensiométricas, como sensores de deformación, ofrecen una alternativa de enorme interés.

El empleo de galgas extensiométricas para la monitorización de fenómenos estáticos es ampliamente conocido, no siendo así su uso para medidas dinámicas. En particular, es posible emplear galgas extensiométricas para realizar medidas dinámicas, y procesar las señales mediante técnicas de análisis modal operacional, más comúnmente empleadas para señales de aceleración. Esto permite identificar las frecuencias de resonancia de la estructura, así como los denominados modos de vibración de deformación, o del inglés strain mode shapes. La principal ventaja de estos últimos radica en su superior sensibilidad a patologías locales, siendo posible realizar una identificación más precisa de pequeños daños, y manteniendo las ventajas del análisis modal operacional clásico. En este contexto, el presente trabajo plantea el desarrollo de un sistema de monitorización basado en la adquisición de señales dinámicas de deformación mediante tecnologías basadas en el internet de las cosas. En concreto, se realizará en diseño de la electrónica de un sistema de monitorización basados en sensores de deformación inalámbricos mediante configuraciones en cuarto de puente de Wheatstone. El sistema desarrollado se implementará en dos estructuras de laboratorio, donde se realizará la identificación dinámica de las mismas mediante acelerómetros y galgas extensiométricas. Finalmente, mediante la introducción de

daños artificiales, se evaluará la capacidad del sistema basado en deformación frente al sistema basado en aceleración.

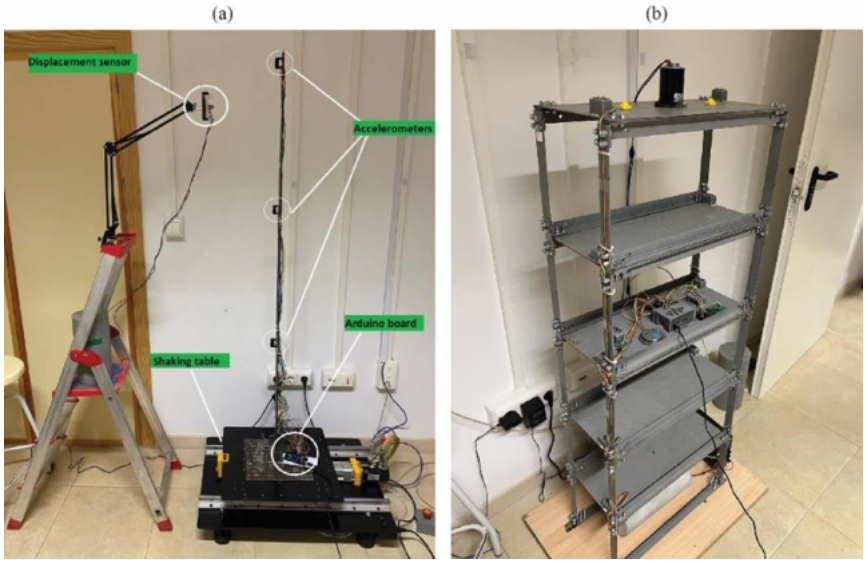


Figura 1. Casos de estudio de laboratorio: (a) viga empotrada y (b) marco metálico.

OBJETIVOS:

El trabajo plantea cuatro grandes objetivos a alcanzar:

- Estudio e implementación de técnicas de identificación dinámica basadas en sensores de deformación.
- Diseño y montaje de sistema de monitorización IoT basado en galgas extensiométricas.
- Desarrollo de códigos de procesamiento de las señales de monitorización recogidas.
- Implementación del sistema desarrollado en dos casos de estudio de laboratorio (Fig. 1).

METODOLOGÍA:

La metodología del proyecto se articula en los siguientes seis ítems:

- Planificación: Se elaborará un cronograma ajustado a las tareas planteadas en el proyecto, incluyendo la consecución de hitos que verifiquen la consecución de los objetivos planteados. Mediante tutoría semanales o bisemanales se revisará el grado de consecución del trabajo, se discutirán los avances logrados, y se solventarán posibles incidencias, y se reajustará la planificación, si procede.
- Revisión bibliográfica: El alumno recibirá instrucción por parte del tutor en aspectos relativos a Actualización de modelos y técnicas de agrupación de parámetros. Asimismo, se le proporcionará bibliografía detallada acerca de los casos de estudio a analizar.
- Programación en lenguaje Python de los algoritmos de identificación dinámica desarrollados.
- Diseño de la electrónica del sistema basado en hardware abierto RASPBERRY PI.
- Instrumentación de los casos de estudio, toma de medidas, y procesamiento de señales.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

Chopra, A. K. (1995). Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall. Inc., Upper Saddle River, NJ.

Baqersad, J., Bharadwaj, K., & Poozesh, P. (2017). Modal expansion using strain mode shapes. In Shock & Vibration, Aircraft/Aerospace, Energy Harvesting, Acoustics & Optics, Volume 9: Proceedings of the 35th IMAC, A Conference and Exposition on Structural Dynamics 2017 (pp. 219-226). Springer International Publishing.

Li, D., Zhuge, H., & Wang, B. (1989). The principle and techniques of experimental strain modal analysis. In International Modal Analysis Conference, 7 th, Las Vegas, NV (pp. 1285-1289).

Kranjc, T., Slavič, J., & Boltežar, M. (2016). A comparison of strain and classic experimental modal analysis. Journal of Vibration and Control, 22(2), 371-381.

Granada a 18 de diciembre de 2023

EL/LOS TUTORES

EL/LA ALUMNO/A

*Fdo.*_____

Fdo. _____

Oferta de proyectos para Trabajo Fin de Master

MÁSTER DE ESTRUCTURAS

Identificación del profesor:

Nombre y apellidos: Rafael Bravo Pareja
Contacto: rbravo@ugr.es
1. Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. Planta 4. ETS Caminos, Canales y Puertos.
2- Área de estructuras de la ETSAG (Escuela de Arquitectura), Campo del Príncipe.

Oferta de proyectos:

PROYECTO 1

TITULO: Estudio numérico de estructuras de madera reforzadas con material compuesto

BREVE DESCRIPCIÓN

-**Objetivos:**

1. Estudio del comportamiento resistente de estructuras de madera realizadas con material compuesto.
2. Análisis numérico de estructuras de madera.
3. Posibilidad de realización de ensayos.

-**Metodología:**

1. Estudio de modelos constitutivos del comportamiento de madera.
2. Estudio de métodos de cálculo analíticos.
3. Estudio de métodos de cálculo numéricos.
4. Aplicación a casos reales.

-**Experiencia del tutor sobre el tema:**

-F.J. Rescalvo, et al. Experimental and analytical analysis for bending load capacity of old timber beams with defects when reinforced with carbon fiber strips. Composite structures. 2018

PROYECTO 2

TITULO: Análisis probabilístico y optimización de la forma de arcos de mampostería

BREVE DESCRIPCIÓN

-**Objetivos:**

1. Análisis de la seguridad y fiabilidad de arcos de mampostería mediante el empleo de métodos probabilíticos.
2. Optimización de formas y comparación con las existentes.

-**Metodología:**

1. Estudio de los métodos de fiabilidad existentes.
2. Estudio de métodos de cálculo estructural de mampostería, desde los sencillos basados en la teoría del polígono funicular, hasta los más modernos basados en el Método de los Elementos Discretos (DEM) empleando el software FEMDEM2D.
3. Estudio de algoritmos de optimización.

-**Experiencia del tutor sobre el tema:**

-J.L. Pérez-Aparicio, R. Bravo, P. Ortiz. Refined element discontinuous numerical analysis of dry-contact masonry arches. Engineering Structures, Volume 48, March 2013, Pages 578-587. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029612005056
-Francisco Javier Suarez, Rafael Bravo . Historical and probabilistic structural analysis of the Royal ditch aqueduct in the Alhambra (Granada). Journal of Cultural Heritage, In Press, Corrected Proof, Available online 3 December 2013.
-Consultar al tutor material aún sin publicar.

PROYECTO 3

TITULO: Análisis de detección de defectos en estructuras discontinuas mediante el Método de los Elementos Discretos

BREVE DESCRIPCIÓN

-**Objetivos:**

Detección de defectos y parámetros consitutivos en estructuras de tipo discontinuo (Arcos, muros, presas de materiales sueltos), en especial en estructuras de gran interés histórico, donde la realización de ensayos destructivos está limitada. Para ello se aplicará la técnica de problemas inversos.

-**Metodología:**

1. Estudio del método de los elementos discretos. Programa FEMDEM2d
2. Estudio de la técnica de problemas inversos.
3. Estudio del comportamiento mecánico de estructuras discontinuas.
4. Análisis de parámetros más significativos de respuesta.
5. Aplicación a estudio de defectos en estructuras históricas.

-**Experiencia del tutor:**

-Bravo, R., Pérez-Aparicio, J.L., Laursen, T.A., An Energy Consistent Frictional Dissipating Algorithm for Particle Contact Problems. Int. J. Num. Methods in Eng., 92, 9, pp. 753-781. [2012]

-J.L. Pérez-Aparicio, R. Bravo, P. Ortiz. Refined element discontinuous numerical analysis of dry-contact masonry arches. Engineering Structures, Volume 48, March 2013, Pages 578-587. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029612005056

-Consultar al tutor material aún sin publicar.

PROYECTO 4

TITULO: Análisis de la interación dinámica suelo-estructura de puentes de mampostería para el paso de cargas móviles de ferrocarril.

BREVE DESCRIPCIÓN

-Objetivos:

Análisis dinámico de puentes de mampostería bajo cargas dinámicas moviles de ferrocarril teniendo en cuenta la influencia del terreno. Para ello se acoplan dos métodos numéricos: el Método de los Elementos de contorno (BEM) y el Método de los Elementos Discretos (DEM). BEM analiza el comportamiento dinámico del terreno, mientras que DEM analiza el comportamiento dinámico de la mampostería. Mediante este trabajo se establece una metodología para evaluar el comportamiento dinámico del elevado número de puentes de mampostería de ferrocarril existentes en la actualidad.

-Metodología:

1. Estudio del Método de los Elementos de Contorno. (BEM)
2. Estudio del Método de los Elementos Discretos. (DEM), programa FEM-DEM2D
3. Acoplamiento BEM-DEM.
4. Análisis de cargas moviles.
5. Análisis de casos.

-Experiencia de los tutores:

Ambos tutores tienen amplia experiencia en ambos métodos, habiendo dirigido trabajos fin de master similares.

Con respecto al acoplamiento el autor ha publicado un artículo acoplamiento FEM-DEM.

-R. Bravo, P. Ortiz, J.L. Pérez-Aparicio. Incipient sediment transport for non-cohesive landforms by the discrete element method (DEM). Applied Mathematical Modelling, Available online 21 August 2013. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X13005179

x

PROYECTO 5

TITULO: Estudio de dinámico y optimización de formas de instrumentos musicales de cuerda mediante el Método de los Elementos Finitos

BREVE DESCRIPCIÓN

-**Objetivos:**

Diseño y estudio del funcionamiento de instrumentos musicales de cuerda. Se realizará un estudio de los fundamentos físicos de las vibraciones de los instrumentos y de las peculiaridades de cada uno. Se estudiará las vibraciones del instrumento teniendo en cuenta la vibración del aire del interior mediante el estudio del acoplamiento del aire con la estructura del instrumento a través del Método de los Elementos Finitos. Se hará un análisis paramétrico para a partir de él determinar la razón de la forma y usos del instrumento musical.

-**Metodología:**

1. Estudio del estado del arte de los fundamentos físicos del funcionamiento de instrumentos de cuerda.
2. Estudio de vibraciones en sólidos elásticos mediante el MEF.
3. Estudio de transmisión de vibraciones en gases mediante el MEF.
4. Estudio numérico de acoplamiento estructura-fluido.
5. Experimentación numérica.
6. Comparación de resultados.

PROYECTO 6

TITULO: Análisis constructivo y estructural del patrimonio arquitectónico (Dirigido por el Prof. D. Fco. Javier Suárez Medina y codirigido por el Prof. Rafael Bravo Pareja)

BREVE DESCRIPCIÓN

-Objetivos:

Se propone el análisis estructural de elementos arquitectónicos patrimoniales, incluida la estimación cuantitativa de su seguridad mediante aplicación de las metodologías desarrolladas por el profesor J. Heyman, a partir de la aplicación a estructuras de fábrica de los teoremas del análisis límite. El estudio incluye el análisis arquitectónico y la modelización geométrica del elemento estudiado, pretendiendo una aproximación a los criterios constructivos y estructurales que podrían haberse considerado en su diseño.

-Metodología:

1. Estudio bibliográfico y de fuentes documentales.
2. Reconocimiento in situ, inspección visual y prospección arqueológica, incluyendo el acceso a elementos estructurales.
3. Definición geométrica del edificio mediante instrumentación topográfica.
4. Caracterización arquitectónica, global y de los distintos elementos.
5. Análisis de los materiales empleados en su construcción. Localización de canteras de procedencia. Estereotomía.
6. Análisis del comportamiento estructural de los elementos constructivos, a partir de su geometría, según la metodología de Jacques Heyman.
7. Concepción holística de la construcción histórica.
8. Elaboración de conclusiones.

-Experiencia de los tutores sobre el tema:

-J.L. Pérez-Aparicio, R. Bravo, P. Ortiz. Refined element discontinuous numerical analysis of dry-contact masonry arches. Engineering Structures, Volume 48, March 2013, Pages 578-587. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029612005056
-Francisco Javier Suarez, Rafael Bravo. Historical and probabilistic structural analysis of the Royal ditch aqueduct in the Alhambra (Granada). Journal of Cultural Heritage, In Press, Corrected Proof, Available online 3 December 2013.
-Consultar al tutor material aún sin publicar.

PROYECTO 7

TITULO: Estudio numérico y experimental de vigas cajón de madera de chopo y pino

BREVE DESCRIPCIÓN

-Objetivos:

Se propone el análisis estructural tanto numérico como experimental de vigas de tipología cajón de madera compuesta por dos especies: pino y chopo. Estas vigas se utilizan para cubrir grandes luces. La combinación de dos tipologías de madera permite obtener una viga ligera a la par que resistente.

-Metodología:

1. Estudio bibliográfico y de fuentes documentales.

2. Ensayos de caracterización de madera.

3. Ensayos numéricos.

4. Diseño paramétrico del elemento estructural.

5. Análisis numérico por elementos finitos.

6. Análisis experimental de la viga completa.

-Experiencia sobre el tema.

El tutor está participando en el proyecto Ligthtimber, el cual está orientado con la creación de este tipo de vigas.

Fdo. *Rafael Bravo Pareja*