

CUIEET

Gijón

**Gijón,
25, 26 y 27 de
junio 2018**

XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

LIBRO DE ACTAS



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



LIBRO DE ACTAS DEL
XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa
En las Enseñanzas Técnicas
25-27 de junio de 2018
Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

© Universidad de Oviedo, 2018

ISBN: 978-84-17445-02-7

DL: AS 1893-2018

La importancia de las empresas como patrocinadores de los laboratorios de fabricación (Fab Labs)	1
La formación dual universitaria en el Grado en Ingeniería en Automoción de la IUE-EUI de Vitoria-Gasteiz. Requisitos de calidad	12
Prácticas formativas en la UPV: objetivo estratégico	24
Elaboración de <i>audioslides</i> para apoyo a la enseñanza en inglés en los grados bilingües	36
<i>Effect of Industry 4.0 on education systems: an outlook</i>	43
Uso de simuladores y herramientas de programación para facilitar la comprensión de la operación de los sistemas eléctricos	55
Aplicación de ejercicios resueltos de ingeniería del terreno con recursos de acceso libre para teléfonos móviles y tabletas electrónicas	67
<i>Proposal to determine learning styles in the classroom</i>	77
La soledad de los Millennials ricos en la EPI de Gijón	84
Mejora de la calidad de la formación postgraduada en ortodoncia de la Universidad de Oviedo	96
El plagio entre el alumnado universitario: un caso exploratorio	106
Competencias necesarias en el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática: experimento sobre la percepción de los estudiantes	116
El proyecto <i>Flying Challenge</i> , una experiencia de interconexión universidad-empresa utilizando mentoría entre iguales	127
Formación en ingeniería con la colaboración activa del entorno universitario	134
“Emprende en verde”. Proyecto de innovación docente de fomento del emprendimiento en el ámbito de las Ingenierías Agrarias	146
Competencia transversal de trabajo en equipo: evaluación en las enseñanzas técnicas	158
<i>Introducing sustainability in a software engineering curriculum through requirements engineering</i>	167

Percepción de las competencias transversales de los alumnos con docencia en el área de producción vegetal	176
Experiencia de aprendizaje basado en proyectos con alumnos Erasmus	186
Elaboración de un juego de mesa para la adquisición de habilidades directivas en logística	198
Proyecto IMAI - innovación en la materia de acondicionamiento e instalaciones. Plan BIM	210
<i>BIM development of an industrial project in the context of a collaborative End of Degree Project</i>	221
Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje basado en proyectos en el marco de un proyecto coordinado en un Máster Universitario en Ingeniería Informática	231
Algunas propuestas metodológicas para el aprendizaje de competencias matemáticas en ingeniería	243
Riesgos psicosociales del docente universitario	255
<i>Face2Face</i> una actividad para la orientación profesional	267
Trabajo fin de grado. Una visión crítica	276
Gamificaci en el aula: “ <i>Escape Room</i> ” en tutorías grupales	284
Una evolución natural hacia la aplicación del aprendizaje basado en diseños en las asignaturas de la mención de sistemas electrónicos del Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Una experiencia docente desde la EPI de Gijón	296
Propuesta para compartir escenarios docentes a través de <i>visual thinking</i> . Bases de la termografía, equipos electromédicos termo-gráficos y su aplicación en salud	308
EMC: aspectos prácticos en el ámbito docente	316
Habilidades sociales en la ingeniería	327
Aprendizaje orientado a proyectos integradores y perfeccionamiento del trabajo en equipo caso - Máster Erasmus Mundus en Ingeniería Mecatrónica	339

Tendencias en la innovación docente en enseñanzas técnicas: análisis y propuesta de mejoras para la asignatura Mecánica de Fluidos	349
Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos	361
Caso de estudio en el procedimiento de un grupo de estudiantes cuando se aplica Evaluación Formativa en diferentes materias de un Grado de Ingeniería	373
Visionado de vídeos como actividad formativa alternativa a los experimentos reales	385
Utilización de vídeos <i>screencast</i> para la mejora del aprendizaje de teoría de circuitos en grados de ingeniería	394
La invasión de los garbanzos	406
Evolución del sistema de gestión de prácticas eTUTOR entre los años 2010 y 2017	418
Implementación de juegos educativos en la enseñanza de química en los grados de ingeniería	430
Trabajando interactivamente con series de Fourier y trigonométricas	439
Aproximación de las inteligencias múltiples en ingeniería industrial hacia una ingeniería inteligente	450
Cooperando mayor satisfacción. Experiencias de dinámicas cooperativas en 1 ^{er} curso de ingeniería en el área de expresión gráfica.	461
Cognición a través de casos en el área de Acondicionamiento e Instalaciones de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid	473
Un instrumento para explorar las actitudes hacia la informática en estudiantes de matemáticas	482
La metodología <i>contest-based approach</i> en STEM: modelización de datos meteorológicos	493
Técnicas de gamificación en ingeniería electrónica	505
El reto del aprendizaje basado en proyectos para trabajar en competencias transversales. aplicación a asignaturas de electrónica en la ETSID de la UPV	521

Dibujo asistido por ordenador, sí, pero con conocimiento de geometría	534
Introduciendo la infraestructura verde y los sistemas de drenaje sostenible en los estudios de grado y postgrado en ingeniería	547
Aprendizaje colaborativo en Teoría de Estructuras	559
Modelo de evaluación y seguimiento de los trabajos fin de grado (TFG) y trabajos fin de máster (TFM) tutorizados en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación	567
El Taller de Diseño como núcleo de innovación docente y eje de adquisición de competencias en la formación del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	579
Diseño y evaluación de un laboratorio virtual para visualizar en 3D el gradiente y la derivada direccional en un campo escalar bidimensional	588
La ludificación como herramienta de motivación en la asignatura bilingüe <i>Waves and Electromagnetism</i>	600
Gamificación en la impartición de Cálculo de Estructuras	612
Análisis de las actitudes visuales y verbales de alumnos noveles de Grado de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Cartagena	621
Diseño curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, Colombia	633
Evaluación significativa de prácticas de laboratorio: portfolios <i>versus</i> prueba final objetiva	644
Introducción de la Cultura Científica en Grados de Ingeniería	658
Detección de errores conceptuales en Matemáticas de los alumnos del grado en Ingeniería Informática del Software en su primer año de carrera.	665
Rúbrica de evaluación en un laboratorio de Ingeniería Química	676
Factores explicativos de la elección de grados en el área agroalimentaria	686
Diseño de una actividad para el desarrollo y evaluación de competencias transversales en el ámbito de la Teoría de Máquinas y Mecanismos	696

Necesitamos “engineers”. Programa para el desarrollo de las competencias de una ingeniera	708
Estudio de la Implantación de Competencias dentro del marco europeo: revisión prospectiva en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Oviedo	718
Sostenibilidad e Ingeniería Industrial: estrategias para integrar la ética en los programas de formación	730
Una experiencia en proyectos europeos de ambito educativo	743
Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles en la enseñanza de estructuras metálicas	750
<i>Introduction to the Fluid Dynamics of Biological Flows. Innovation project using the CFD simulation of the lung air flow.</i>	762
Aprendizaje activo y cooperativo en el Area de Informática Industrial	772
Aprender en el contexto de la empresa	784
Valoración por las empresas de las competencias en las prácticas realizadas por alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	792
Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: Aula Universitaria de Arquitectura	804
Nuevas técnicas metodologías para el fomento de habilidades transversales y transferencia del conocimiento en universitarios	815
Formación en competencias socialmente responsables en la Universidad de Oviedo	823
Competencias transversales en la asignatura Tecnología Medioambiental	833
Actividad sobre la competencia emprendedora introduciendo <i>Lean Startup</i> en un grado de ingeniería	842
Evaluación de la competencia transversal ‘Comunicación Efectiva’ mediante presentaciones en vídeo	854
Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de máster	863
Proyecto Solar-F. Desarrollo de un prototipo de seguidor solar	875

Definición de tareas de aprendizaje basado en proyecto colaborativo para Ingeniería Mecatrónica	883
La investigación-acción participativa como herramienta de responsabilidad social universitaria	895
Implantación del Programa de Mentorías entre iguales MENTOR EPIGIJON	907
De Orienta a Mentor	919
Sello RIME de calidad de la función orientadora. Poniendo en valor la acción tutorial	931
Establecimiento de una relación productiva doctorando/supervisor: expectativas, roles y relación	943
Análisis de singularidades en transformaciones trifásicas, empleando una plataforma educativa para ingeniería	953
El cuadro de mandos como entorno educacional	961
DIBUTECH: plataforma web interactiva para la resolución de ejercicios gráficos en Ingeniería	975
Alumnos más participativos con el uso de herramientas de gamificación y colaboración	985
Utilización de prensa <i>online</i> , Campus Virtual y dispositivos móviles para el aprendizaje y aplicación de conceptos económico-empresariales en estudiantes de ingeniería	997
El rol de la práctica de campo en la clase inversa. Caso práctico sobre el diseño de productos para la <i>smartcity</i> en el contexto del Jardín del Túria	1008
Desarrollo de competencias transversales en ingeniería con el inglés como lengua vehicular y mejora de la participación con aprovechamiento en clase.	1019
Experiencia de desarrollo y evaluación de prácticas utilizando TIC	1031
Diseño e implementación de una herramienta de coordinación de los títulos que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales	1042
<i>Framework for the analysis of students association' interests & voices</i>	1054

Mejora continua en el proceso de internacionalización de la ETS de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	1066
Calidad del empleo de la/os egresada/os de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en el período 2005-13: diferencias de género	1076
<i>Student's cognitive style towards innovation. A pilot study at ETSIDI-UPM</i>	1087
Optimización del proceso creativo en el aula: entrenamiento de la actitud creadora para reducir la complejidad multidimensional del pensamiento creativo en el equipo	1091
La formación específica en competencias transversales como contenido integrado en el plan docente	1096
Los alumnos deciden: Edublog de la asignatura Estadística	1102
La necesidad de la eficiencia energética en las infraestructuras universitarias	1106
<i>Learning by engineering: del Lean Manufacturing a la Industria 4.0</i>	1110
Prácticas de laboratorio avanzado en últimos cursos de grado	1114
Propuesta de actividad de aprendizaje colaborativo en una asignatura de máster universitario	1118
Mejora de la praxis docente mediante la inclusión de actividades para el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes	1122
Factores curriculares y evolución tecnológica que inciden en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales	1126
Ética y sostenibilidad: buscando hueco en los planes de estudios	1130
Descripción de una experiencia con el uso de las TICs basada en el uso de videos explicativos y cuestionarios para una mejor comprensión de las prácticas de Física de Ingeniería Industrial	1134
Banco de ensayos para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico aisladas y/o conectadas a red	1144
Diseño de mini-videos y mini-audios esenciales para el seguimiento óptimo de las asignaturas y la prevención de su abandono	1148

Aplicación interactiva <i>online</i> para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple	1152
Evaluación continua, compartida y progresiva aplicada al Grado de Ingeniería. Caso de estudio	1157
Diseño e implantación sistemática de evocaciones y de evaluación por rúbricas en Ingeniería Gráfica por medio de herramientas TIC	1163
Asignaturas de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica	1171
La competencia de responsabilidad	1183
MediaLab: nueva formación tecnológica y humanística en la Universidad de Oviedo	1196
Mejora de la calidad de los TFG en grados de ingeniería	1200
Desarrollo de competencias profesionales en las prácticas de laboratorio/taller	1204
La enseñanza de Estadística Aplicada en el Grado de Ingeniería Forestal: para y por ingenieros	1214
La redacción de informes técnicos y periciales como formación transversal en ingeniería	1225
BEE A DOER – Emprendiendo y aprendiendo impresión 3D	1230
Propuesta de curso NOOC: Iniciación a la química para titulaciones de ingeniería	1237
<i>Two-Storey building model for testing some vibration mitigation devices</i>	1241
Plataforma Web para el entrenamiento de las presentaciones orales del Trabajo Fin de Grado (TFG)	1245
Aprendizaje competencial efectivo mediante las prácticas del laboratorio de las asignaturas del área de Mecánica de Fluidos de los estudios de Grado y Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela de Ingeniería de Bilbao	1249
Fabricación y caracterización de materiales compuestos. <i>Composite Materials: manufacturing and characterization</i>	1256

Desarrollo de competencias transversales en grados de ingeniería industrial mediante metodologías activas de enseñanza-aprendizaje basadas en el <i>mentoring</i> y ABP	1264
Planificación de prácticas de laboratorio basadas en un amplificador de radiofrecuencia de bajo coste orientadas a la enseñanza de asignaturas de Electrónica de Comunicaciones	1276
Orientación universitaria de estudiantes de ingeniería. Plan de acción tutorial de la Escuela Politécnica superior de Jaén (PAT-EPSJ)	1280
Experiencia innovadora en “las ciencias de la naturaleza de educación infantil”	1284
Actividad práctica de diseño para la fabricación asistida con CATIA: Doblado de chapa metálica	1290
La investigación como parte del proceso educativo de la enseñanza superior	1294
Aprendizaje Orientado a Proyectos en el diseño de sistemas mecánicos	1298
Evaluación del déficit de atención en niños mediante el análisis de tiempos de respuesta	1302
Desarrollo de proyectos didácticos para adquirir competencias transversales	1308
Competencias genéricas percibidas por los alumnos con formación en producción vegetal	1312
Enseñanza grupal. Estudio por casos de empresas Valencianas	1318
Implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje mediante Trabajos Fin de Grado/Máster en Ingeniería de Telecomunicación	1322
<i>An example of company-university cooperation: Mathematical modeling and numerical simulation of heat dissipation in led bulbs</i>	1326
Aprendizaje centrado en el proyecto de estructuras adaptados a la enseñanza universitaria	1331
Nuevo enfoque pedagógico en la formación del perfil profesional para el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de un concepto de integración total	1335
Convenios de cooperación educativa en el ámbito náutico: universidad- empresa	1339

Índice de ponencias

Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: proyecto de investigación ERGONUI-TME	1344
Estudio comparativo entre estudiantes de ingeniería de la Universidad de León mediante el <i>test Force Concept Inventory</i>	1350
Innovación para el desarrollo de nueva propuesta de máster semipresencial en prevención de riesgos laborales	1354
El círculo de Mohr y la innovación docente en educación superior	1359



El cuadro de mandos como entorno educacional

José María García Terán^a, Antolín Lorenzana Ibán^b y Álvaro Magdaleno González^c

^aUniversidad de Valladolid, teran@uva.es, ^bali@ei.uva.es, ^calvaro.magdaleno@uva.es

Abstract

The use of ICT in university education is generalized. It motivates a change in educational strategy based on the use of computer tools, preferably broad spectrum applications, that simplify the control of multiple indicators that influence a complex problem. Within stacking, the use of spreadsheet manipulation tables allows the definition of objectives and the control of processes, facilitating the decisions, the optimizing of systems and improving training. In this work we propous the use of a scorecard as an environment in the of Theory of Structures Education Area, with the objective of optimizing articulated structures by the creep, buckling and deformation criteria simultaneously. The achieved agility in the preprocessing, calculation and postprocessing processes, the organization and management of information and the orientation to the achievement of learning objectives make the spreadsheets to be taken into account in training processes.

Keywords: Educational innovation, dashboard, spreadsheets, mechanical structures.

Resumen

El uso de las TIC se está generalizando en la formación universitaria. Esto motiva un cambio de estrategia educativa basada en la utilización de herramientas informáticas, preferentemente de amplio espectro, que simplifiquen el control de los múltiples indicadores que influyen en un problema complejo. Dentro de esta filosofía, los cuadros de mando desarrollados mediante Hojas de Cálculo permiten definir objetivos y controlar procesos, mejorando la toma de decisiones, el tiempo para la optimización de sistemas y haciendo más atractivo el aprendizaje. En este trabajo se propone el uso de un cuadro de

mando como entorno educacional en el Área de Teoría de Estructuras, con el objetivo de optimizar estructuras articuladas mediante los criterios de fluencia, pandeo y deformación de forma simultánea. La agilidad de preprocesado, cálculo y postprocesado, la organización y manejo de la información y la clara orientación a la consecución de los objetivos de aprendizaje hacen de las Hojas de Cálculo unas herramientas compactas y potentes a tener en cuenta en los procesos de formación.

Palabras clave: *Innovación educativa, cuadros de mando, hojas de cálculo, estructuras metálicas.*

Introducción

El Real Decreto 1393/2007 de Ordenación de las Enseñanzas Universitarias, modificado por distintas normativas (RD 861/2010, RD 96/2014, RD 43/2015) y el Marco Europeo de Cualificaciones de Educación Superior (Real Decreto 1027/2011) incluyen las competencias transversales como una combinación de atributos relativos a conocimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades a desarrollar en la formación universitaria.

En este ámbito, la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el desarrollo de la formación es considerada como sinónimo de mejora y actualización. Estudios desarrollados por distintos autores indican que los estudiantes muestran actitudes positivas cuando se utilizan medios informáticos en la enseñanza (Kitchakarn, 2015; Novocorti, Valera-Candamio y Ramil-Díaz 2013; Huczynskia y Johnstona, 2005), además consideran los ordenadores como una herramienta de aprendizaje importante (Kitchakarn, 2015), y no conciben la formación universitaria sin ellos, siendo el conocimiento de su uso tan necesario como la lectura, la escritura o las matemáticas (Soujah, 2014).

En la actualidad los estudiantes demandan la aplicación de procesos informáticos en su formación, tienen poca tolerancia a las clases magistrales y consideran que el manejo de estas tecnologías es fundamental (Philip, 2007; Waycott, Bennett, Kennedy, Dalgarno y Gray, 2010).

El uso del ordenador en la relación cognitiva que se establece entre el sujeto y el objeto de aprendizaje ha generado cambios sustanciales, que afectan tanto al tipo como a los objetivos de los problemas a los que se enfrentan los estudiantes. Los potentes procesos de cálculo y visualización de resultados facilitan la orientación del aprendizaje hacia campos del conocimiento, como el diseño de sistemas o la toma de decisiones a partir de desarrollos complejos, que de otro modo serían muy difíciles de explorar.

El cuadro de mandos integral como entorno educacional

Un cuadro de mandos integral (o balanced scorecard) es un conjunto de indicadores que permiten concentrar la información necesaria para el análisis y control de un proceso. Esta herramienta ha estado relacionada con la gestión empresarial, utilizándose en el análisis de finanzas, marketing, producción, logística, calidad, recursos humanos, etc.

El cuadro de mandos se basa en la organización de la información, de forma intuitiva y fácil de manipular, utilizando para ello los indicadores de control del proceso (KPIs), lo que permite su evaluación y modificación de forma rápida y eficiente (Artiles).

Las características que ha de tener un cuadro de mandos son:

- **Visualización.** Facilita el acceso a la información de forma rápida y sencilla.
- **Relevancia.** Se utilizan indicadores que orienten en la toma de decisiones.
- **Actualización.** Se han de reflejar rápidamente las modificaciones generadas.
- **Orientación al usuario:** Es necesario conocer las necesidades del estudiante para diseñar una estrategia de actuación, establecer los objetivos y facilitar las decisiones.

En resumen, ha de tener IMPACTO, por lo que ha de ser:

- **I**nteractivo: Que permita la relación con el sistema.
- **M**asivo: Que tenga capacidad de gestionar un volumen importante de información.
- **P**ersonalizado: Que esté adaptado a los objetivos del usuario.
- **A**nalítico: Que desarrolle procedimientos elaborados.
- **C**ompacto: Que reúna múltiples funcionalidades.
- **T**abulado: Que manipule la información de forma matricial.
- **O**bjetivo: Que facilite la toma de decisiones a partir de información verídica.

Para crear un cuadro de mandos es necesario definir los siguientes conceptos: indicadores de interés en el proceso a analizar, procedimiento de actualización, herramienta en la que se implementa y organización de los datos, con el objetivo de acceder a un gran volumen de información de forma rápida y eficiente, tomar decisiones, analizar la respuesta del sistema a una acción concreta y optimizar procesos.

Las hojas de cálculo como herramientas para implementar cuadros de mando

En el contexto del desarrollo de competencias asociadas a las TIC en la ingeniería y de generación de cuadros de mando, las características de la Hoja de Cálculo las hacen herramientas muy potentes que permiten crear entornos eficientes de aprendizaje.

Desde su aparición en la informática lograron un éxito rotundo debido a su uso intuitivo y la facilidad de adaptación al mundo empresarial. Desafortunadamente en general se emplea en procesos simples como tabular datos, realizar cálculos sencillos y obtener gráficas prediseñadas, todo ello mediante las herramientas básicas que pone a disposición del usuario, pero infrautilizando la mayor parte de sus espectaculares posibilidades.

Excel es una Hoja de Cálculo que presenta múltiples ventajas, ya que está disponible en los ordenadores con sistema operativo Microsoft Office (con 1.200 millones de usuarios) y esconde un profundo potencial de aplicación basado en su capacidad de cálculo, el volumen de información que puede manejar (17.179 millones de datos por hoja), la graficación de resultados, la automatización de tareas mediante el lenguaje de programación Visual Basic para Aplicaciones (VBA) y, sobre todo, la actualización automática de funciones.

Se selecciona esta herramienta ya que el estudiante se encuentra familiarizado con su entorno, lo que facilita que centre su actividad en la aplicación de las competencias adquiridas en la materia que se analiza, y no en los laboriosos procesos de resolución de los problemas que se plantean, cuya realización se delega en el sistema, o en adquirir las habilidades específicas necesarias para trabajar con otro tipo de software especializado.

La propuesta de este trabajo consiste en promover el uso de Hojas de Cálculo para generar entornos de formación aplicados al análisis de sistemas complejos. Para ello se pone como ejemplo una Hoja de Cálculo programada para el Área de Teoría de Estructuras.

Las capacidades genéricas que el estudiante pone en práctica con esta actividad son:

- Desarrollar procesos de análisis y síntesis.
- Aprender y trabajar de forma autónoma.
- Resolver problemas.
- Desarrollar el razonamiento crítico/análisis lógico.
- Aplicar los conocimientos a la práctica.
- Desarrollar la creatividad y la innovación.
- Motivar el logro y la mejora continua.

Mientras que los conocimientos y capacidades específicas en el Área de Teoría de Estructuras son:

- Aplicar los fundamentos de la Elasticidad y Resistencia de Materiales al comportamiento de sólidos reales.
- Calcular y diseñar estructuras y construcciones industriales.

Inciendo es estas últimas, con el uso de esta Hoja de Cálculo el estudiante adquiera las capacidades necesarias para:

- Utilizar TIC genéricas para el autoaprendizaje.

- Analizar el comportamiento de las estructuras metálicas (isostáticas o hiperestáticas), asociadas al modelo de barras articuladas en los extremos con comportamiento elástico lineal.
- Identificar los indicadores y su nivel de aceptabilidad en un sistema estructural.
- Entender la influencia que sobre estos indicadores ejercen distintas variables (diseño estructural, tipos de perfiles, materiales y dimensiones, vínculos, cargas,...) cuando se modifican tanto de forma individual como combinada.
- Adquirir criterios para enjuiciar la idoneidad de las acciones adoptadas en función de los resultados de los indicadores obtenidos.
- Conseguir la optimización de una estructura aplicando distintos criterios de forma simultánea.

Trabajos Relacionados

Existen múltiples autores que han desarrollado herramientas informáticas basadas en Hojas de Cálculo con la filosofía de cuadro de mando para la resolución de problemas estructurales semejante al que se plantea, a cuyos desarrollos se puede acceder a través de internet (<http://danielaguilo.com>; <http://kn10infor.wordpress.com>; <http://civilgeeks.com>). Sin embargo tienen un diseño extremadamente rígido, ya que aunque permiten modificar algunos parámetros y visualizar los resultados obtenidos en tiempo real, en general lo hacen respecto de una estructura predeterminada, sin posibilidad de modificación de la mayor parte de las variables.

Esta rigidez es debida a que los resultados no se obtienen de la resolución de la estructura, sino de la implementación de funciones asociadas a una resolución previamente obtenida.

Procesos de cálculo

Los métodos de cálculo utilizados en ingeniería y física para la resolución de problemas complejos se basan en la discretización (división) espacial y/o temporal del entorno, y la interpolación (aproximación) numérica del modelo matemático a la realidad.

El desarrollo de estos procedimientos está ligado a la capacidad de los ordenadores, herramientas indispensables para realizar su implementación, lo que ha contribuido al uso de sofisticados paquetes de cálculo y graficación que facilitan el modelado del problema, su resolución y la presentación de los resultados.

Para plantear la resolución del problema con esta metodología se divide el dominio en estudio en subdominios o elementos, definiéndolos mediante puntos (o nodos) con los que se conectan entre sí, y en los que se localizan las incógnitas (o grados de libertad).

En el caso de los estudios en el Área de Teoría de Estructuras las incógnitas son los desplazamientos de dichos puntos, a partir de los cuales se pueden determinar las magnitudes de otras variables derivadas como tensiones o deformaciones.

Sin intención de entrar en detalles, los pasos seguidos en los procesos de cálculo de este tipo de métodos son: la localización de los nodos en el dominio, la determinación de los elementos con los que se realiza la discretización, la relación entre las fuerzas y desplazamientos de cada elemento (obtenida mediante matrices denominadas de rigidez local), la transformación de dichas matrices de la base local de cada elemento a la global (común a todo el sistema), el ensamblaje (unión) de las matrices globales de los elementos en una única matriz (matriz global del sistema), la aplicación de las condiciones de contorno asociadas a las cargas y restricciones del movimiento en los nodos, la determinación de los desplazamientos de los nodos no vinculados, la obtención de las fuerzas de contacto en los nodos del sistema, la aplicación de las ecuaciones constitutivas para obtener las tensiones, y por último, la determinación del resto de variables incógnitas del problema.

Todo lo anterior se implementa mediante potentes programas específicos que facilitan la selección y manipulación de los datos de entrada (preprocesado), la realización de los cálculos indicados (calculador) y la presentación de los resultados obtenidos (postprocesado).

Estas tres etapas están claramente diferenciadas, desarrollándose de forma secuencial y ordenada, lo que rigidiza el procedimiento del análisis.

La propuesta de este trabajo es utilizar las capacidades de la hoja de cálculo Excel para desarrollar un cuadro de mandos que rompa la dinámica de preprocesado, cálculo y postprocesado, simultaneando las etapas y permita la optimización de estructuras de forma ágil y eficaz.

Metodología seguida

Para la creación del cuadro de mando fue necesario un profundo conocimiento del problema a resolver, de las herramientas facilitadas por la Hoja de Cálculo Excel y de los objetivos específicos a conseguir con su aplicación como herramienta educacional.

La finalidad fundamental del problema estructural propuesto es la optimización de las dimensiones de las barras de una estructura en función de los criterios de fluencia, pandeo y deformación de manera simultánea.

Las variables, utilizadas para definir la situación inicial del sistema son:

- Posición de los nodos que definen las barras.
- Interconexión de las barras.

- Características de las barras: materiales, tipos de secciones (perfiles normalizados) y dimensiones.
- Magnitudes y localización de las cargas.
- Vinculación del sistema.

Los indicadores que se van a utilizar para la optimización del sistema son:

- Los esfuerzos y deformaciones longitudinales de las barras.
- La limitación de las barras respecto de la fluencia, pandeo individual y alargamiento.

Con todo lo anterior se genera una actividad para que desarrollen los alumnos, cuyo proceso se basa en las siguientes fases:

- Se presenta una estructura, determinando inicialmente las magnitudes de todas las variables que influyen en el proceso.
- Para que el estudiante se familiarice con la herramienta, de uso intuitivo, se le solicita que introduzca los datos de la estructura (preprocesado) en el cuadro de mandos. Existe la opción de realizar la introducción de datos de forma automatizada, para agilizar el preprocesado inicial.

- El cuadro de mandos facilita las magnitudes de los indicadores asociados a cada barra, de forma que es sencillo comprobar si cumplen con las especificaciones.

Para ello se muestran los valores límite asociados a cada uno de los tres criterios de análisis (fluencia, pandeo y alargamiento) para cada barra. Los valores de fluencia y pandeo se obtienen a partir de las variables introducidas, mientras que el alargamiento se define seleccionando la magnitud de la deformación límite admisible.

Estos tres criterios corresponden a las especificaciones indispensables de diseño que se han de cumplir para que el sistema sea conforme (se comporte de forma estable y sin superar el límite elástico lineal).

- Utilizando la información facilitada, el estudiante debe indicar si el diseño es conforme a las especificaciones, y en caso de no serlo, determinar las barras y criterios específicos que no las cumplen, información que es resaltada en el cuadro de mandos mediante el uso de un código de colores.

Hasta aquí el proceso sería semejante al de cualquier software avanzado utilizado en el diseño de estructuras.

- Se solicita a continuación al estudiante que seleccione y modifique alguna variable del diseño para que el sistema cumpla con las especificaciones. Por ejemplo, determinando la sección mínima necesaria, común a todas las barras.

Es aquí donde el cuadro de mandos desarrollado empieza a mostrar su potencia, ya que no es necesario realizar nuevamente el procedimiento de preprocesado-cálculo-postprocesado con los nuevos datos, sino que la modificación de una variable genera instantáneamente el recálculo del sistema de barras, facilitando los nuevos resultados.

Esto se dinamiza aún más facilitando la variación de las magnitudes mediante el uso del ratón y controles de formulario (deslizaderas), y dando accesibilidad a la modificación de cualquier variable en todo instante.

La sencillez del preprocesado y la rapidez de los cálculos y presentación de resultados agiliza el análisis, facilitando la optimización del sistema.

- En el siguiente paso se solicita al estudiante que identifique las barras sobredimensionadas tras el paso anterior, de forma que modifique la sección normalizada de cada una de ellas de forma independiente, hasta determinar los valores mínimos que cumplan nuevamente con las especificaciones.

Se vuelven a utilizar las mismas herramientas del paso anterior, sin embargo el estudiante se enfrenta con la dificultad de que en sistemas hiperestáticos la optimización de cada barra depende de las características del conjunto de la estructura, por lo que al ajustar una barra se modifican los indicadores de las demás, lo que obliga a obtener la solución óptima mediante un proceso iterativo de ensayo-error.

- Por último, y para mostrar la potencia de la herramienta, se solicita al estudiante una modificación radical del entramado de barras que afecte a su geometría, número de barras, nuevas condiciones de contorno (vínculos y cargas) y variación de las posiciones de los nodos del entramado (lo que conlleva la modificación de longitudes y orientación de las barras concurrentes), para proceder de nuevo a la optimización del sistema.

Lo anterior está disponible en muy pocos programas comerciales pero, como se comprobará, es asequible utilizando una modesta Hoja de Cálculo Excel.

Ejemplo de aplicación

Para desarrollar lo anteriormente indicado se ha programado un cuadro de mandos con capacidad de análisis de estructuras de 20 nodos y 40 barras como máximo.

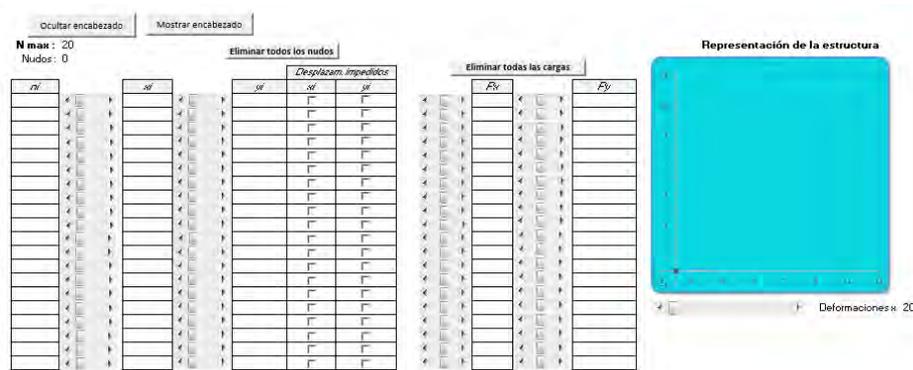
Como ejemplo se ha considerado inicialmente una estructura de acero formada por 14 nodos y 25 barras (estas características se modificarán posteriormente).

Para remarcar la agilidad del proceso se indican los tiempos necesarios para la introducción de datos conjuntamente con los de respuesta del cuadro de mandos.

Debido a los objetivos del aprendizaje se hará hincapié en el pre y postprocesado, no entrando en los detalles del calculador (aunque, al igual que el resto de los procesos, fue desarrollado en su totalidad).

El entorno inicial del cuadro de control es el mostrado en la Figura 1. En la parte izquierda están las herramientas de preprocesado, asociadas a la definición de la posición de los nodos. En la parte derecha se muestra la pantalla utilizada para la representación de la estructura.

Figura 1 Entorno inicial de la hoja de cálculo

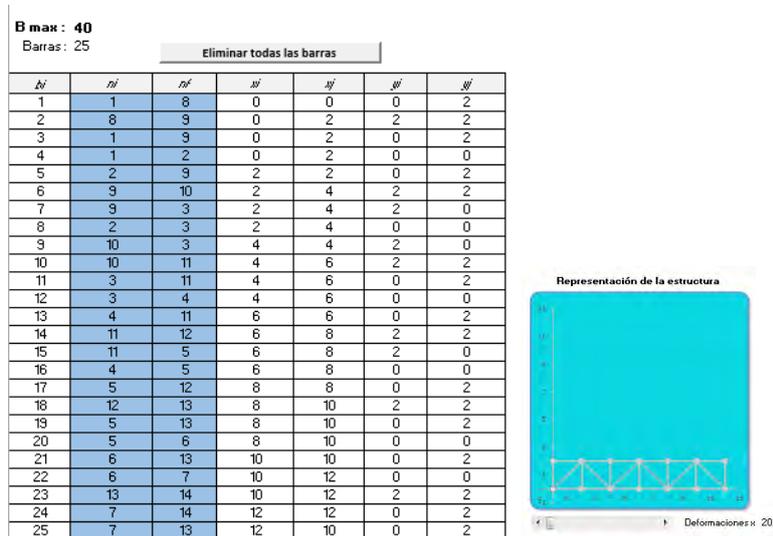


Los nodos se introducen de forma secuencial, asignando el sistema su numeración. La accesibilidad a cualquier nodo en cualquier instante facilita su modificación de forma rápida y eficiente. La introducción de las coordenadas de cada nodo se agiliza utilizando deslizaderas que se manipulan con el botón izquierdo del ratón, aunque también se puede realizar utilizando el teclado. La magnitud del incremento de posición correspondiente a cada pulsación puede ser ajustada a conveniencia. Con este procedimiento el tiempo utilizado para la introducción de la estructura que se propone como ejemplo (de 14 nodos) ha sido de dos minutos.

Aprovechando la actualización de valores, se localiza cada nodo en la pantalla inmediatamente después de cada pulsación con el ratón, por lo que el sistema responde de forma instantánea mostrando el movimiento del nodo en la pantalla de representación.

Las barras se definen mediante la numeración de sus nodos extremos, utilizando el teclado alfanumérico del ordenador en las casillas correspondientes. Se deben introducir de forma secuencial, pero nuevamente se puede modificar cualquier barra en todo instante. Con este procedimiento el tiempo utilizado para la introducción de las 25 barras del ejemplo ha sido de menos de tres minutos. En la figura 2, a la izquierda se muestra la definición de las barras a partir de los nodos extremos, y a la derecha, en la pantalla de representación, el dibujo del entramado con color gris, utilizado para representar la configuración indeformada.

Figura 2 Introducción de barras y visualización



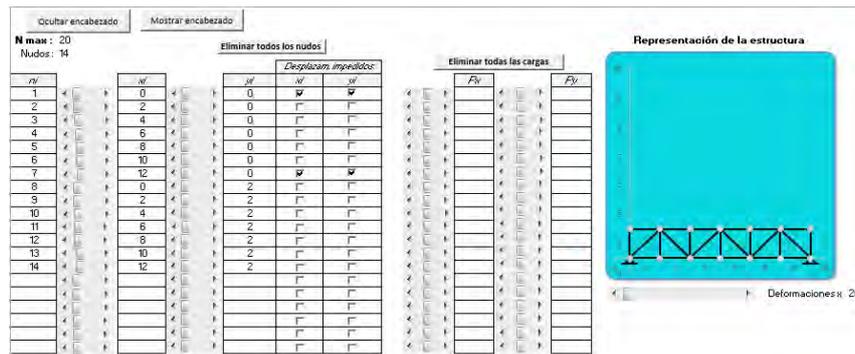
La estructura del ejemplo se vincula al terreno mediante dos apoyos articulados fijos (vinculación hiperestática) situados en los nodos extremos inferiores. Para su definición se utiliza un par de casillas de formulario, habilitadas para cada nodo y asociadas a los impedimentos al movimiento en las direcciones x o y, respectivamente, de modo que al pulsar sobre ellas con el ratón se identifican los nodos y desplazamientos impedidos. Con este procedimiento el tiempo utilizado para la introducción de vínculos ha sido de 9 segundos. En la figura 3 se muestra a la izquierda la selección de vínculos realizada, y a la derecha, en la pantalla de representación, su localización en el entramado mediante la simbología clásica.

Se comprueba que la estructura ha cambiado de color (pasando de gris a negro, utilizado este último para representar la configuración deformada). Esto es debido a que aunque todavía no se ha terminado el preprocesado, el sistema selecciona por defecto los datos sin definir, realiza los cálculos y muestra los resultados. En este momento, al no haberse introducido las cargas, tipos de perfiles, materiales y dimensiones de las barras, el sistema considera las primeras nulas y toma por defecto los demás parámetros, por lo que los desplazamientos calculados son nulos.

El estado de carga del sistema está formado por fuerzas puntuales actuando en los tres nodos centrales, tanto del cordón superior como del inferior, con una magnitud de 10.000 N en sentido vertical hacia abajo. Para la definición de las magnitudes se vuelven a utilizar deslizaderas asociadas a cada nodo y componente de carga. Con este procedimiento el tiempo utilizado para la introducción de las seis cargas ha sido de un minuto y treinta segundos. Nuevamente, inmediatamente después de cada modificación de carga, el programa realiza

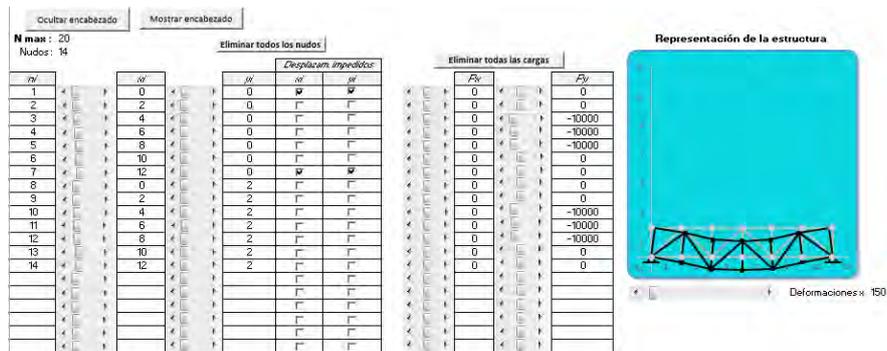
los cálculos, actualiza los resultados y desplaza de forma dinámica todos los nodos del entramado a sus nuevas localizaciones en la pantalla de representación.

Figura 3 Introducción de vínculos y visualización



En la figura 4 a la izquierda se muestran las magnitudes de las cargas de los nodos, mientras que a la derecha se representa el entramado. Para que se aprecie la deformación del sistema se muestran simultáneamente sus configuraciones indeformada (gris) y deformada (negro), pudiéndose amplificar de forma dinámica las magnitudes de las deformaciones, multiplicándolas por un factor que se selecciona mediante la deslizadera situada al efecto (en el caso mostrado en la imagen el factor utilizado es 150).

Figura 4 Introducción de cargas y visualización



Se dimensionan todas las barras del sistema con el mismo perfil y material normalizados (IPE 80, S235). Para su determinación se utilizan cuadros combinados independientes para cada barra, tanto para el perfil como la dimensión (siendo las dimensiones a seleccionar dependientes de cada tipo perfil). Las características geométricas (área e inercia mínima) correspondientes a cada barra se obtienen utilizando las capacidades de almacenamiento y selección de la Hoja de Cálculo. El botón 'Igualar a la primera barra' permite reproducir rápidamente las características de la primera barra en todas las del sistema.

Con este procedimiento el tiempo utilizado para la introducción de las características de las 25 barras ha sido de 15 segundos. En la figura 5 se muestran a la izquierda la selección de perfiles, dimensiones y materiales de todas las barras, y a la derecha las magnitudes de sus esfuerzos (las casillas vacías indican que no trabaja), los valores de los porcentajes de capacidad de cada barra, que informan de su situación respecto de los valores límites especificados (valores inferiores a 100% indican conformidad con la especificación), y la visualización de conformidad mediante un código de color (verde - conforme, rojo – no conforme) asociado a cada criterio (fluencia, pandeo y deformación) y barra.

Nuevamente, inmediatamente después de la modificación de cualquier variable, el programa realiza los cálculos, actualiza los valores de los indicadores y representa la deformación del sistema en la pantalla.

Figura 5 Introducción de perfiles, materiales e indicadores para la optimización

Criterio de alargamiento: $l/200$

Igualar a la primera barra					% Capacidad			Fallo			
Perfil	Dimens.	Área (cm ²)	I Min. (cm ⁴)	Acero	Esfuerzo Barra	Fluencia	Pandeo	Alarg.	Fluencia	Pandeo	Deform.
IFE	80	7.64	8.49	235		0%	0%	0%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235		0%	0%	0%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-42426	24%	193%	5%	NO	SI	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-13333	7%	30%	2%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235		0%	0%	0%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-60000	33%	136%	7%	NO	SI	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	42426	24%		5%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-13333	7%	30%	2%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-10000	6%	23%	1%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-60000	33%	136%	7%	NO	SI	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-14142	8%	64%	2%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	26667	15%		3%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	10000	6%		1%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-60000	33%	136%	7%	NO	SI	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-14142	8%	64%	2%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	26667	15%		3%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-10000	6%	23%	3%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-60000	33%	136%	1%	NO	SI	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	42426	24%		7%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-13333	7%	30%	5%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235		0%	0%	2%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235		0%	0%	0%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-42426	24%	193%	0%	NO	SI	NO
IFE	80	7.64	8.49	235	-13333	7%	30%	5%	NO	NO	NO
IFE	80	7.64	8.49	235		0%		2%	NO	NO	NO

El tiempo total estimado para introducir, calcular, mostrar los resultados y optimizar la estructura articulada de 14 nodos y 25 barras es de seis minutos y medio, muy inferior al de otros programas de las mismas características. El tiempo de respuesta tras cada modificación depende de los procesadores de cada ordenador, pero es inapreciable.

La flexibilidad del proceso se confirma cuando se procede a un cambio radical, modificando la posición de múltiples nodos del sistema y la introducción de nuevas barras.

Para ello se vuelven a utilizar las herramientas de preprocesado, realizando la modificación, cálculo del nuevo entramado y presentación de resultados tal como se indicó anteriormente. El tiempo utilizado depende nuevamente de la habilidad del usuario, pero se considera que dos minutos es suficiente para introducir seis nuevas barras y modificar la posición de 10

para que puedan adaptarla a sus propios objetivos y la implementación de los procesos para el desarrollo de apps en dispositivos móviles.

Referencias

- Huczynskia, A., & Johnston, S. P. (2005). *Engineering students' use of computer assisted learning (CAL)*. *European Journal of Engineering Education* 30 (2), 287-298 pp.
- Kitchakarn, O. (2015). *EFL Learners' Attitudes towards Using Computers as a Learning Tool in Language*. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* 14 (2), 52-58 pp.
- Novo-Corti, I., Varela-Candamio, L. y Ramil-Díaz, M. (2013). *E-learning and face to face mixed methodology: Evaluating effectiveness of e-learning and perceived satisfaction for a microeconomic course using the Moodle platform*. *Computers in Human Behavior* 29(2), 410–415 pp.
- Ortilles, J. J. (2017) Como hacer cuadros de mando. *Stratebi Business Solutions* <http://www.stratebi.es>
- Philip, D. (2007). The knowledge building paradigm: A model of learning for Net Generation students. *Innovate*, 3(5). <http://innovateonline.info/index.php>
- Soujah, S. (2014). Integration in schools is we overinvested and underprepared? *International Journal of Information and Education Technology*, 4 (5), 444-447, doi: <http://dx.doi.org/10.7763/IJiet.2014.V4.447>.
- Waycott, J., Bennett, S., Kennedy, G., Dalgarno, B., & Gray, K. (2010). Digital divides? Student and staff perceptions of information and communication technologies. *Computers & Education* 54(4), 1202-1211. doi:10.1016/j.compedu.2009.11.006.