

OPTIMIZACIÓN Y EFICIENCIA EN LOS CÁLCULOS DE INGENIERÍA MEDIANTE HOJAS DE CÁLCULO

OPTIMIZATION AND EFFICIENCY IN ENGINEERING DESIGNS USING SPREADSHEETS

Juan Carlos Santamarta Cerezal
jcsanta@ull.edu.es

Universidad de La Laguna, España

Roberto Tomás Jover
Roberto.tomas@ua.es

Universidad de Alicante, España

Jesica Rodríguez-Martín
jrodriguezingenieria@yahoo.es

Universidad de La Laguna, España

Luis E. Hernández Gutiérrez
geologoluis@gmail.com

Gobierno de Canarias, España

Miguel Cano González
miguel.cano@ua.es

Universidad de Alicante, España

Adrián Riquelme Guill
ariquelme@ua.es

Universidad de Alicante, España

RESUMEN

En las titulaciones técnicas, como los grados y máster en ingeniería, las asignaturas más complejas suelen contener cálculos y diseños que consumen mucho tiempo en las sesiones dedicadas a la resolución de problemas. En particular nos referimos a las asignaturas de construcción, ingeniería hidrológica y geotecnia, donde los temarios son extensos y los recursos dedicados a los cálculos en las clases magistrales no permiten profundizar en conceptos que son fundamentales para el ejercicio profesional. Las hojas de cálculo se vienen utilizando en aplicaciones comunes o cálculos simples, pero tienen un potencial enorme para aplicaciones en ingeniería, en particular para las asignaturas anteriormente indicadas. El proyecto se orienta en dos vías; la primera, es facilitar a los alumnos hojas de cálculo diseñadas para las diferentes partes de la asignatura o cálculos complejos, por otro lado, existe el problema inverso, realizar un cálculo ingenieril y automatizarlo o simplificarlo mediante el diseño, por parte del alumno o grupo de alumnos, de una hoja de cálculo, mejorando la competencia de capacidad de simplificación de problemas y el trabajo en grupo. Las aplicaciones realizadas se pueden utilizar en el ejercicio profesional y se mejoran año tras año con los diferentes diseños aportados. La experiencia se llevó a cabo en las siguientes titulaciones: Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural (Universidad de La Laguna), Grado en Ingeniería Civil (Universidad de Alicante) y el Máster Universitario en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos (Universidad de Alicante). Este proyecto de innovación forma parte del marco colaborativo dentro del programa de grupos de innovación docente consolidados de la Universidad de La Laguna, en particular el grupo de innovación docente IMAGINA, con profesorado de la ULL y de la Universidad de Alicante.

PALABRAS CLAVE: Ejercicio profesional; geotecnia; hidrología; enseñanza superior; innovación docente.

ABSTRACT

Technical studies, such as degrees and master's degrees in engineering, complicated subjects often contain many mathematical calculations and time-consuming calculation development in engineering problem-solving sessions. In particular we refer to the subjects of construction, hydrological engineering and geotechnics, where the subjects are extensive and resources dedicated to the calculations in the master classes do not allow deepening in concepts that are fundamental for the professional exercise. Spreadsheets are being used in common applications or simple calculations, but it has enormous potential for engineering applications, in particular for the above-mentioned subjects. The innovation project is oriented in two ways; The first is to provide students spreadsheets designed for different subject modules or complex calculations, on the other hand, there is the reverse problem, perform an engineering calculation or an automate calculations by a spreadsheets made by the student or group of students, improving competences of problems simplification and team work. Applications can be used in professional practice; they are improved year by year along the different designs provided. The experience was carried out in the following university studies: Degree in Agricultural and Rural Engineering (Universidad de La Laguna), Degree in Civil Engineering (Universidad de Alicante) and Master in Civil Engineering (Universidad de Alicante). This innovation project were part of the collaborative framework within the consolidated teaching innovation groups program of the Universidad de La Laguna (ULL), in particular the teaching innovation group IMAGINA, ULL and the Universidad de Alicante.

KEYWORDS: Professional development; geotechnics; hydrology; higher education; teaching innovation.

INTRODUCCIÓN

Una hoja de cálculo es un software a través del cual se pueden usar datos numéricos y realizar cálculos automáticos de números que están en una tabla. Permite trabajar con una gran cantidad de números. También es posible automatizar cálculos complejos al utilizar una gran cantidad de parámetros. Incluye el uso de funciones incorporadas en el propio programa, las cuales pueden realizar cálculos matemáticos, técnicos, estadísticos y financieros.

Además, las hojas de cálculo también pueden producir representaciones gráficas con los datos manejados, lo cual supone una versatilidad y representación de los datos interesante. El programa es muy intuitivo y no requiere a los usuarios conocimientos informáticos.

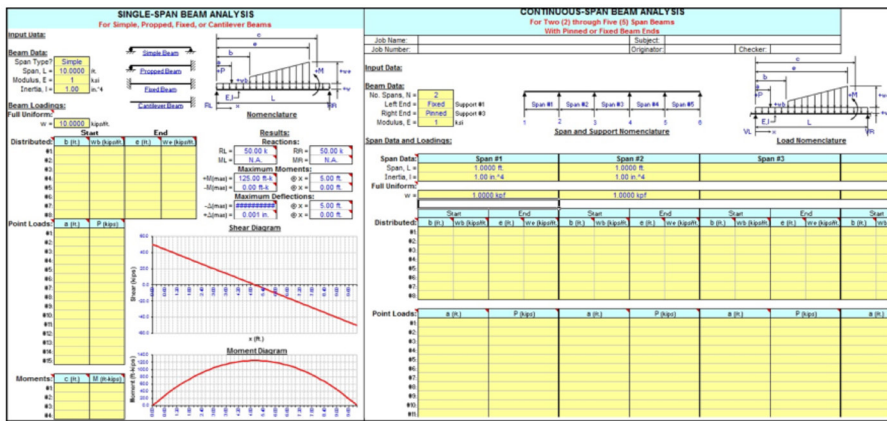


Figura 1. Hoja de cálculo para el análisis de vigas simples y continuas (Tomanovich, A.).

Existen en el mercado numerosos software dedicado a las hojas de cálculo, los más importantes son:

- Microsoft Excel: dentro del paquete de oficina Microsoft Office.
- Sun: StarOffice Calc, dentro del paquete StarOffice.
- KSpread: incluida en el paquete KOffice, paquete gratuito de Linux.
- Numbers. Apple.
- OpenCalc: incluida en el paquete OpenOffice, esta es de código libre.
- IBM/Lotus 1-2-3: incluida en el paquete SmartSuite.
- Corel Quattro Pro: incluida en el paquete WordPerfect.

El uso de las hojas de cálculo no debe limitarse sólo a las aplicaciones informáticas más conocidas, pero de pago, ya que existen aplicaciones

de software libre con un alto nivel de prestaciones equiparables a las de licencia, como la nombrada OpenCalc.

Se pueden desarrollar simuladores, muy útiles en ingeniería química, aplicando comandos, herramientas y procedimientos, incluyendo macros, que son un conjunto de comandos que automatizan acciones repetidas, es decir, instrucciones que se ejecutan de manera secuencial por medio de una orden de ejecución.

Una aplicación muy interesante es el uso de las hojas de cálculo para análisis financiero y de rentabilidad de proyectos de ingeniería. Las hojas de cálculo para el análisis financiero de proyectos nos permiten conocer las posibilidades financieras de una determinada inversión. A la hora de gestionar un proyecto no sólo sirve hacer cálculos, sino también para tomar los datos recopilados a lo largo de las hojas de cálculo y analizarlos, para saber su estado actual y cuáles son las decisiones que hay que tomar.

METODOLOGÍA

No existe una metodología anterior para el estudio de la integración de esta herramienta de cálculo en los estudios de grado de ingeniería en las universidades, por lo que la metodología de estudio se ha abordado mediante la experiencia personal de los profesores e investigadores implicados y el diseño de un cuestionario sencillo.

Para conocer de primera mano el conocimiento y la opinión que tenían los alumnos sobre el uso y las aplicaciones de las hojas de cálculo, se realizó un cuestionario. Se diseñaron una serie de cuestiones con varias opciones para responder. El cuestionario diseñado, por un lado buscaba el conocimiento inicial de los alumnos con respecto a las hojas de cálculo, es decir, tipos, conocimiento sobre su manejo y potencial en las asignaturas técnicas. Por otro lado se pedía la opinión del mismo sobre la viabilidad y oportunidad de usarlas de manera continua en las sesiones de problemas.

Las preguntas del cuestionario fueron las siguientes (en el subapartado se indica el tipo de pregunta):

- ¿Cuántos tipos de hojas de cálculo conoces?
 - Selección múltiple.
- ¿Cuál de los tipos de hojas de cálculo utilizas?
 - Selección múltiple.
- ¿Cómo aprendiste a usar las hojas de cálculo?
 - Selección múltiple.
- ¿Consideras que se debería usar más las hojas de cálculo para optimizar las clases de problemas en vez del método tradicional?
 - Selección múltiple.

- ¿Para qué usas habitualmente las hojas de cálculo?
 - Selección múltiple.
- ¿En qué asignatura de los planes de estudios de ingeniería sería más útil incrementar el uso de hojas de cálculo como apoyo a la docencia?
 - Selección múltiple.
 - Resistencia de Materiales.
 - Cálculo de estructuras (hormigón, madera, metálicas).
 - Geotecnia.
 - Estadística.
 - Topografía.
 - Otros.
- ¿Utilizas habitualmente hojas de cálculo durante el curso?
 - Selección múltiple.
- ¿Consideras que debería haber un curso específico para el manejo avanzado de hojas de cálculo para su uso en diferentes asignaturas?
 - Selección múltiple.
- ¿Has desarrollado alguna vez una hoja de cálculo para simplificar un cálculo o un problema?
 - Selección múltiple.
- Creo que los problemas que se resuelven en las diferentes asignaturas están muy lejos de lo que realmente luego se calcula en los problemas reales que plantea el ejercicio profesional.
 - Escala lineal (1 nada de acuerdo, 5 muy de acuerdo).
- En las clases prácticas o de problemas se utilizan herramientas informáticas y hojas de cálculo para simplificar los ejercicios.
 - Escala lineal (1 nada de acuerdo, 5 muy de acuerdo).
- Según tu opinión, como deberían ser las clases de problemas en las asignaturas relacionadas con la ingeniería.
 - Párrafo libre.

De cara a integrar la innovación docente en los diferentes cursos y asignaturas se proponen dos iniciativas:

1. La primera es facilitar y aumentar el uso de las hojas de cálculo en la parte práctica y de aplicación mediante problemas de las diferentes asignaturas que se comentarán más adelante.
2. La otra actividad, es la inversa, plantear un problema y, por grupos o a nivel individual, solicitar al alumno un desarrollo de una hoja de cálculo que resuelva el problema planteado, automatice los cálculos y optimice el tiempo dedicado a esa parte de la asignatura. Todo ello dentro de un marco teórico y de comprensión de los conceptos fundamentales por los que se rigen esos cálculos.

ESTUDIO DE CASOS

Las aplicaciones de las hojas de cálculo pueden aplicarse a cualquier área de conocimiento relacionada con la ingeniería y sus disciplinas afines. No obstante en el presente estudio, nos vamos a centrar en asignaturas en las cuales se lleva trabajando con innovaciones desde el curso 2010-2011. Las asignaturas son las siguientes:

- Resistencia de materiales y construcción.
- Hidrología.
- Mecánica de suelos y rocas.

RESISTENCIA DE MATERIALES, CONSTRUCCIÓN

Esta asignatura es básica en los estudios de ingeniería, principalmente en los vinculados a la ingeniería civil y la construcción. Se suele identificar por parte del alumnado como una de las más difíciles de superar en los planes de estudio. En algunos programas, se suele denominar construcción, como en los relacionados con la Ingeniería Agrícola. El objetivo de la asignatura es el análisis y diseño de estructuras mediante el estudio de los estados de deformación y tensión que provocan las diferentes cargas externas. Se trabajan las siguientes competencias: capacidad para analizar y comprender cómo las características de las estructuras influyen en su comportamiento; capacidad para aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento resistente de las estructuras para dimensionarlas.

El conjunto de hojas de cálculo existentes en esta especialidad es inmenso. Cualquier cálculo necesario para resolver un problema de estructuras se puede automatizar mediante esta potente herramienta, incluyendo el cálculo matricial, sobre todo si la estructura a calcular es repetitiva y simple.

HIDROLOGÍA

Esta asignatura común en muchos planes de estudio de ingeniería, tales como Ingeniería Forestal, del Medio Natural, Agrícola y Civil, pretende, desde el punto de vista del medio ambiente, introducir alumno en los temas relacionados con el movimiento del agua en los ecosistemas naturales (ciclo hidrológico) y evaluación de los efectos de la vegetación y usos del suelo en la conservación del agua (control de escorrentía, régimen de caudales) y en la conservación del suelo (control de los procesos erosivos). Desde el punto de vista de la ingeniería civil y las obras públicas, el estudio de la hidrología se orienta al diseño de las obras y aprovechamientos hidráulicos, incluyendo el abastecimiento y saneamiento de aguas, el riego

agrícola, el aprovechamiento energético (hidroeléctricas) y el control de las crecidas y eventos extraordinarios de carácter hidráulico; en estos últimos se utilizan numerosas herramientas estadísticas.

Como en los casos anteriores, existen numerosas hojas de cálculo relacionadas con la hidrología, en este caso, se hace muy interesante también el uso de hojas de cálculo relacionadas con la estadística y sus funciones. En diferentes repositorios existen muchos ejemplos. Las siguientes hojas de cálculo son aportadas por Aguiló (2015).

Curvas de remanso en canales.

<http://www.utnianos.com.ar/foro/attachment.php?aid=1909>.

Calculo de curvas de remanso o tirante hidráulico en canales de sección rectangular o trapezoidal incluyendo la formulación de referencia.

Formula tuberías a presión.

<http://www.utnianos.com.ar/foro/attachment.php?aid=1910>.

Cálculo de tuberías a presión con la formulación de Coolebrook_White

Zanja de infiltración y diseño de canal sistemas de zanjas.

<http://www.oasification.com/archivos/Mauco.xls>.

Diseño de zanja de infiltración y canal abierto en función de la escorrentía y del terreno.

Flood Control.

http://webcms.pima.gov/UserFiles/Servers/Server_6/File/Government/Flood%20Control/Resources/Software/hec-hms-manning-with-macos.xls.

Hoja muy completa con los diferentes pasos para determinar el caudal de un flujo debido a una lluvia sobre una cuenca y que discurre por una tipología de canal determinada.

Un gran recurso científico de hojas de cálculo, didácticas y sin perder rigor científico, es la web del profesor del Departamento de Geología, Francisco Javier Sánchez San Román, de la Universidad de Salamanca, del cual facilitamos su dirección y una relación de las hojas de cálculo a disposición de los alumnos (<http://hidrologia.usal.es>).

Relación de hojas de cálculo disponibles:

- P005.- Elaboración de un hietograma y de una curva I-D a partir de una banda de pluviógrafo.
- P010- Homogeneización de series pluviométricas: Correlación lineal entre dos variables.
- P014- Confección sintética de curvas IDF.
- P015- Obtención de un hietograma de diseño.
- P019- Cálculo de la ETP mediante la fórmula de Hargreaves.
- P020- Cálculo ETP mediante la fórmula de Thornthwaite.
- P022- Balance de agua en el suelo.
- P024- Cálculo de la ETP mediante la fórmula de Jensen-Haise.
- P040- Aforo con molinete: cálculos.
- P045- Distribuciones estadísticas.
- P050- Volumen correspondiente a un hidrograma.
- P060- Estudio de la curva de agotamiento: Cálculo del volumen de embalse.
- P065- Cálculo de la Precipitación neta (SCS).
- P070- Cálculo del Hidrograma Sintético del S.C.S.
- P075- Hidrograma Unitario de Clark.
- P080- Aplicación del Hidrograma Unitario.
- P084- Cálculo de un hidrograma de diseño.
- P100- Aplicación del Método Racional para calcular caudales.
- P110- Tránsito de un hidrograma en un cauce.
- P113- Tránsito de un hidrograma en un depósito.
- P115- Tránsito de un hidrograma en un embalse.

MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS

En esta asignatura, se pretende dotar al alumnado de conocimientos básicos en Mecánica de Suelo y Mecánica de las Rocas para poder afrontar con éxito las asignaturas del área de semestres posteriores, a saber: Geotecnia y Cimientos, Construcciones Geotécnicas y Geotecnia de Obras Hidráulicas, que son aplicaciones de Geotecnia y emplean necesariamente los conceptos desarrollados en esta área de conocimiento.

La web del grupo de innovación educativa de la Universidad de Alicante, GITE de Ingeniería del Terreno, (<https://web.ua.es/es/ginter/>) aportan una serie de hojas de cálculo útiles para el desarrollo de sus asignaturas relacionadas con la ingeniería del terreno. Estas son:

- Excel para el cálculo de asiento y tensiones bajo diferentes cargas.
- Excel para el cálculo de los coeficientes de empuje K_a , K_p y K_o .
- Carta de plasticidad de Casagrande.
- Acta ensayo granulometría y límites de Atterberg.
- Acta ensayo compresión simple.

Acta ensayo de carga puntual (PLT).
 Acta de ensayo de durabilidad al desmoronamiento de rocas (SDT).
 Modelo hiperbólico datos triaxial.
 Tensiones y asiento bajo un terraplén.
 RMR, SMR y resistencia al corte de discontinuidades.
 Cálculos para trayectoria de tensiones.
 Cálculo empujes Coulomb (suelos granulares).
 Cálculos empujes Rankine (suelos cohesivos).

RESULTADOS DEL ESTUDIO

Una vez realizadas las estrategias docentes para la mejora de las competencias en el cálculo y resolución de problemas se realizó un cuestionario por parte de los alumnos cuyo análisis es el siguiente

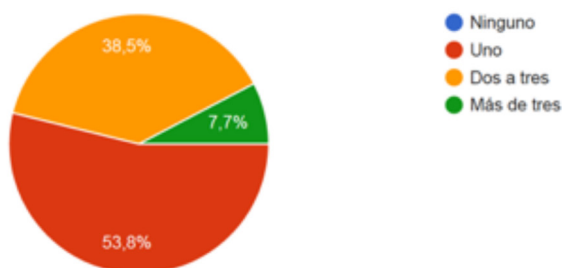


Gráfico 1. Resultados de la respuesta de ¿Cuántos tipos de hojas de cálculo conoces?

La mitad del alumnado conoce «al menos» una aplicación con la hoja de cálculo. Ninguno ha contestado que no conociera ninguna.

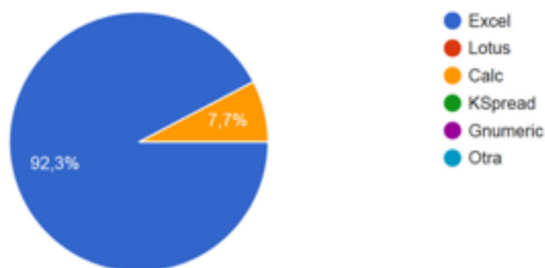


Gráfico 2. Resultados de la respuesta de ¿Cuál de los tipos de hojas de cálculo utilizas?

La mayoría utiliza la hoja de cálculo del paquete Office, es decir el programa Excel y una minoría la de código libre, OpenCalc.

Más del 80% de los alumnos se consideran autodidactas, un 12,5% manifiesta que no sabe manejarlas y un 6,3% indicaron que aprendieron en una asignatura que las tuvieron que usar.

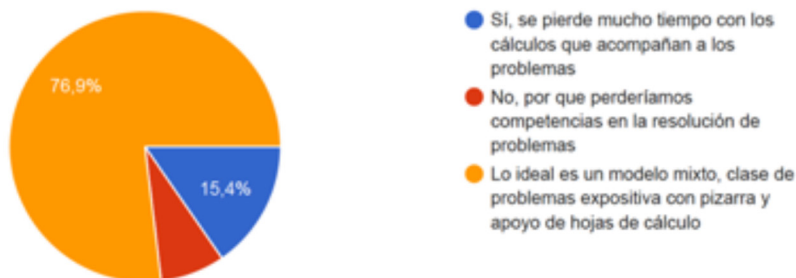


Gráfico 3. Resultados de la respuesta ¿Consideras que se debería usar más las hojas de cálculo para optimizar las clases de problemas en vez del método tradicional?

Un 76,9 abogaron por un modelo mixto, sesión tradicional de problemas y apoyo de hojas de cálculo. Un 15,4% indica que sólo con las hojas de cálculo sería suficiente, un 6,3% indica que prefiere seguir con el modelo tradicional.



Gráfico 4. Resultados de la respuesta de ¿Para qué usas habitualmente las hojas de cálculo?

El gráfico 4 demuestra una equidad en cuanto el uso que se da a las hojas de cálculo (cálculos financieros, ingeniería, simplificación de cálculos de ingeniería), aunque casi un 40% no las utiliza.

En la respuesta a la cuestión ¿En qué asignatura de los planes de estudios de ingeniería sería más útil incrementar el uso de hojas de cálculo

como apoyo a la docencia?, la mayoría con un 46,2% indica que le sería más útil en hidrología, seguido de cálculo de estructuras con un 38,5% y, finalmente, la estadística, con un 15,4%.

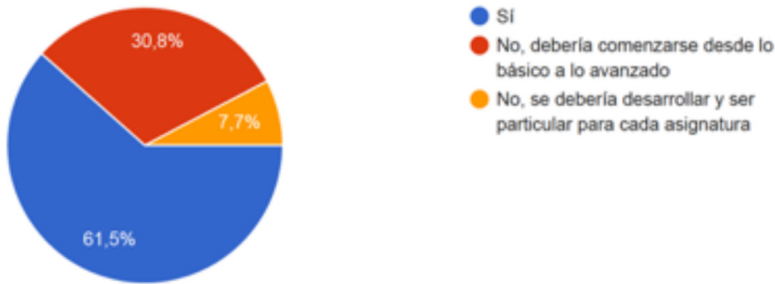


Gráfico 5. Resultados de la respuesta de ¿Consideras que debería haber un curso específico para el manejo avanzado de hojas de cálculo para su uso en diferentes asignaturas?

En el gráfico 5 se ve claramente que los alumnos demandan un curso específico del manejo avanzado de las hojas de cálculo con un 61,5%, si bien un 30,8% manifiestan que necesitarían inicialmente un curso básico, para poder alcanzar el nivel necesario en las asignaturas.

En la cuestión, ¿Has desarrollado alguna vez una hoja de cálculo para simplificar un cálculo o un problema?, el 92,3% de los alumnos manifestaron que habían desarrollado una hoja de cálculo para simplificar un problema.

Más del 80% de los alumnos estaban de acuerdo en que los problemas que se resuelven en las diferentes asignaturas están muy lejos de lo que realmente luego se calcula en los problemas reales que plantea el ejercicio profesional. También la mayoría manifiesta que en las clases prácticas o de problemas no se utilizan herramientas informáticas y hojas de cálculo para simplificar los ejercicios.

Finalmente se pidió la opinión a los participantes de cómo deberían ser las clases de problemas en las asignaturas relacionadas con la ingeniería. Un resumen de las respuestas es el siguiente:

TABLA 1. RESPUESTA ABIERTA DE LOS PARTICIPANTES EN EL CUESTIONARIO.
A la par que te enseñen el método tradicional que también te muestren como realizarlo por hojas de cálculo o programas informáticos para agilizar los cálculos y ser más autosuficientes con los resultados obtenidos.
Explicación tradicional sólo para comprender los cálculos y de resto hojas de cálculo.
Planteamiento teórico y ejemplos reales durante las clases para resolver estos problemas con el método tradicional pero se debería dar más relevancia a las aplicaciones/programas informáticos.
Los problemas deben ser lo más adaptados a la realidad posible, y enfocados siempre a casos reales, así, los estudiantes pueden obtener una visión más clara de cómo sería nuestra vida profesional. Por otra parte, se deberían emplear más métodos, y más hoy en día, con los avances tecnológicos que hay, que faciliten la resolución y la realización de dichos problemas, ya que en un trabajo, por muy complejo que pueda ser un problema, siempre se busca la forma más fácil, rápida y sencilla de resolverlo, independientemente del método que se emplee.
Se deberían profundizar más en la forma de resolver problemas, que en la complejidad de los mismos.
Se deberían de usar más programas informáticos u hojas de cálculo y así ahorrar tiempo y ver más materia.
Orientados a la realidad y actualidad, es decir, aprender a resolver problemas de forma analítica inicialmente para saber que estamos haciendo y luego pasar a utilizar los programas o herramientas que se utilizan actualmente en el mundo laboral para realizar dichos cálculos.
El profesor debe realizar varios problemas tipo examen en la pizarra con la explicación y luego mandar tareas en clase con otros problemas similares y que su resolución sea a través de una hoja de cálculo.
Problemas más relacionados con mejorar nuestras habilidades de cara a los problemas que nos encontramos en el ejercicio profesional.
Para mí las clases de problemas deberían de ser, tal y como se estudian actualmente, apuesto más por la forma tradicional.
Lo más parecido con el mundo laboral.
Se debería poner de acuerdo el profesorado, entre ellos mismos, para que cada año tenga algo que ver con el anterior, por ejemplo, este año imparto 2º y 3º curso, y me he dado cuenta de que en 1º se podrían haber enfocado asignaturas hacia los años siguiente, porque tengo la sensación de que lo que aprendo queda en saco roto ya que no lo vuelvo a practicar porque no es útil en los próximos cursos.
Utilizando más programas de cálculo relacionados con la asignatura que se esté cursando.
Hacer ejercicios más reales y así saber que nos depara el futuro.
Realizar cálculos basados en experiencias reales del campo de trabajo.
Deberían ser mezclando ambos ámbitos, tanto clases prácticas con explicaciones en pizarra y hojas de cálculo.

CONCLUSIONES

Los planes de estudio actuales desarrollados en los grados relacionados con la ingeniería han reducido notablemente su carga docente en las diferentes asignaturas; muchas de ellas han pasado de ser anuales y con una carga de 18 créditos (1 crédito son 10 horas de clase presenciales) incluso más, a una carga de 6 o 4,5 créditos ECTS (1 crédito ECTS son 10 horas de clase presenciales y 15 horas de trabajo por parte del

alumno). Esta reducción plantea dos cuestiones: por un lado, se dispone de mucho menos tiempo para desarrollar los cálculos en las sesiones de la asignatura dedicada a los problemas; por otro lado, los desarrollos son los mismos que con las antiguas titulaciones (Ingeniería e Ingenierías Técnicas). Por ello hay que buscar herramientas que optimicen el proceso de adquisición de las competencias y aprendizaje de cada asignatura sin reducir la calidad y los contenidos fundamentales de las mismas.

Por tanto, se considera que actualmente en las sesiones de problemas de las diferentes asignaturas se consume mucho tiempo en cálculos repetitivos que el alumno, si bien debe conocer, comprender, analizar y aplicar convenientemente, no va a volver a desarrollarlos en su ejercicio profesional.

La mayoría de las aplicaciones informáticas, que se usan actualmente en programas de ingeniería, habituales en las disciplinas comentadas en el presente artículo, parten de desarrollos mediante hojas de cálculo. Intensificar los esfuerzos en que los alumnos se habitúen a usar, comprender y analizar las posibilidades que ofrece esta herramienta puede ser la puerta de entrada a un mejor manejo de aplicaciones informáticas más potentes que utilizarán en su desarrollo profesional, incluso como futuros diseñadores de las mismas.

Se hace necesario, en las titulaciones técnicas, una asignatura relacionada con aplicaciones informáticas que faciliten el manejo y utilización de programas más avanzados; en este sentido, las hojas de cálculo pueden ser un vector conductor para la mejora de las competencias que un futuro profesional debe tener y aplicar en su día a día. La asignatura debería ser compartida por varias áreas de conocimiento con el fin de buscar la universalidad de las aplicaciones; en este artículo se han indicado las siguientes áreas de conocimiento: ingeniería del terreno, ingeniería de la construcción e ingeniería agroforestal. Puede interesar también la participación de un área de conocimiento vinculada a la ingeniería informática.

En relación al alumnado, un 100% nativo digital (personas nacidas desde el año 1980 que han tenido acceso a una tecnología digital bastante desarrollada), se plantean los siguientes puntos a tener en cuenta:

- Es necesario cambiar y actualizar como se conducen las sesiones dedicadas a problemas y cálculos de ingeniería. La mejor opción puede ser un modelo mixto, es decir, tradicional pero apoyado con las hojas de cálculo.
- Lo descrito en las sesiones de clase debe ser lo más parecido al ejercicio profesional.
- Coherencia entre lo impartido en diferentes años, es decir, más coordinación entre el profesorado.
- Disponer una formación avanzada en el manejo y diseño de las hojas de cálculo.

– Hacer más énfasis en la forma y estrategia a aplicar en la resolución de un problema, más que en la complejidad de los mismos.

Finalmente se concluye que con los recursos que existen, en relación a las sesiones de problemas, no podemos seguir haciendo lo mismo que hace 50 años.

REFERENCIAS

- AGUDELO ZAPATA, J.A. (2015). Estructurando. [online] Available at: <http://estructurando.net/2015/02/09/metodo-matricial-para-estructuras-con-excel/> [Accessed 16 Mar. 2017].
- AGUILÓ, D., Consultora de Ingeniería. (2017). Aplicaciones con Excel para hidráulica e hidrología. [online] Available at: <http://danielaguilo.com/aplicaciones-excel-hidraulica-hidrologia/> [Accessed 16 Mar. 2017].
- Guía docente asignatura Construcción y Electrotecnia. (2017). Portal e-guía. Retrieved 12 March 2017, from <http://eguaia.ull.es/agraria/query.php?codigo=109302204>.
- Guía docente asignatura Ingeniería de las Áreas Verdes. (2017). Portal e-guía. Retrieved 12 March 2017, from <http://eguaia.ull.es/agraria/query.php?codigo=109304201>.
- Guía docente asignatura Mecánica de suelos y rocas. (2017). [online] Available at: <http://cv1.cpd.ua.es/ConsPlanesEstudio/cvFichaAsiEEES.asp?wCodEst=C208&wcodasi=33512&wLengua=C&scaca=2016-17> [Accessed 20 Mar. 2017].
- SÁNCHEZ, F. J. (2017). Prácticas de hidrología superficial. Universidad de Salamanca. (En: <http://hidrologia.usal.es>).
- Universidad de La Laguna (2017). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria: Plan de Estudios. [online] Available at: https://www.ull.es/view/centros/agraria/Plan_deEstudios/es [Accessed 14 Mar. 2017].