

**EL ORDENADOR PORTÁTIL COMO HERRAMIENTA DE APOYO EN EL
APRENDIZAJE ACTIVO DE MATEMÁTICA APLICADA A LA EDIFICACIÓN
THE LAPTOP AS A SUPPORT TOOL ON THE ACTIVE LEARNING IN APPLIED
MATHEMATICS FOR BUILDING CONSTRUCTION**

Raúl Manuel Falcón Ganfornina

rafalgan@us.es

Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.

Departamento de Matemática Aplicada I.

Avda. Reina Mercedes, 4 A. 41012, Sevilla.

La integración en el proceso de enseñanza-aprendizaje de herramientas informáticas que requieren una participación activa del alumnado favorece la comprensión efectiva de conceptos y razonamientos. Cuando se realiza una distinción entre clases teórico-prácticas y prácticas de informática, esta integración suele ser parcial, lo que produce en el alumnado una drástica ruptura cognitiva entre ambos tipos de actividades formativas. En el presente artículo se muestra la experiencia docente desarrollada en un par de asignaturas de Matemáticas impartidas en el Grado de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla en las que se realiza una inmersión total del ordenador portátil.

Palabras claves: Uso didáctico del ordenador, aprendizaje visual, matemáticas aplicadas.

The integration in the teaching-learning process of computer tools which require an active participation of students facilitates the effective comprehension of concepts and reasoning. When there exists a distinction between theoretical-practical and computer classes, this integration is

usually partial, which produces on students a drastic cognitive rupture between both types of learning activities. In the current paper, it is shown a teaching experience in which a total laptop immersion is developed in the context of a pair of Mathematics subjects which are imparted in the Building Engineering Degree of the University of Seville.

Keywords: Didactic use of computer, visual learning, applied mathematics.

1. Introducción.

Todo proceso de aprendizaje activo debe basarse en la programación y realización en el aula de actividades en las que el alumnado deja de ser un mero espectador individual pasivo y pasa a participar de forma dinámica y comprometida en el desarrollo de la clase (Prince, 2004). En Matemáticas, este aprendizaje activo se alcanza insertando ejercicios entre las explicaciones teórico-prácticas, que obligan al alumnado a comprobar de forma inmediata su destreza. Sin embargo, el estudiante no suele disponer de tiempo suficiente para, por una parte, encontrar similitudes entre el problema a resolver y algún ejemplo previo visto en clase y, por otra, realizar los cálculos aritméticos o simbólicos oportunos. Si bien la búsqueda e identificación de analogías es un factor ineludible en todo proceso formativo, la realización de complejos cálculos afines a niveles educativos anteriores no aporta nada, en general, a la asimilación del nuevo concepto. Es por ello que estos cálculos no deberían acaparar en tan gran medida ni la atención y el esfuerzo del alumnado, ni la evaluación minuciosa de los mismos llevada a cabo por el profesorado.

Esta situación no es nueva y se repite en Matemáticas en todos y cada uno de los niveles educativos. Ya cuando aparecieron los primeros programas informáticos de cálculo simbólico, Wilf planteaba la pregunta (Wilf, 1982) de si los profesores de primaria de Matemáticas deberían apoyarse en las nuevas tecnologías para centrarse más en los conceptos y menos en los cálculos mecánicos. Más aún, proponía estudiar si debería permitirse el uso de “ordenadores de bolsillo” en la resolución de ejercicios y problemas tanto en clase como en exámenes. Más recientemente, el propio Ministerio

de Educación y Ciencia estableció (Real Decreto 1467/2007), en referencia a la enseñanza de Matemáticas en Bachillerato, que:

las herramientas tecnológicas, en particular el uso de calculadoras y aplicaciones informáticas como sistemas de álgebra computacional o de geometría dinámica, pueden servir de ayuda tanto para la mejor comprensión de conceptos y la resolución de problemas complejos como para el procesamiento de cálculos pesados, sin dejar de trabajar la fluidez y la precisión en el cálculo manual simple, donde los estudiantes suelen cometer frecuentes errores que les pueden llevar a falsos resultados o inducir a confusión en sus conclusiones (pp.45448-45449).

Desde que Wilf plantease la cuestión hace casi treinta años, se han suscitado numerosos debates acerca de la necesidad y conveniencia de la utilización en el aula tanto de la calculadora en general (Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas y Sociedad Andaluza de Educación Matemática THALES, 2010), como de los sistemas de cálculo simbólico (CAS – Computer Algebra System) (Özgün-Koca, 2010) y de geometría dinámica (DGS –Dynamic Geometry System) (Ruthven, Hennessy & Deany, 2008) en particular. En este sentido, el punto más polémico en todos los niveles educativos sigue siendo el consenso para determinar hasta qué punto la habilidad de realizar cálculos mecánicos y repetitivos de menor o mayor dificultad debe ser un factor predominante en el proceso de enseñanza/aprendizaje, en contraposición a la comprensión de conceptos y al desarrollo de estrategias para resolver ejercicios y problemas de una forma rápida y eficaz. En concreto, la asimilación de los conceptos implicados en una determinada operación se torna fundamental, pues evita el carácter de caja negra (Buchberger, 1990; Drijvers, 1995) que envuelve este tipo de sistemas en los que se obtienen resultados a partir de una serie de datos introducidos, sin detallar el proceso interno realizado para ello.

En el nivel universitario suele preferirse el uso de herramientas informáticas de tipo CAS frente a calculadoras que, si bien incorporan este tipo de sistemas, su diversidad de formato puede ser un problema a la hora de establecer una metodología de trabajo en el aula. Se hace pues indispensable disponer de aulas de informática, donde puedan llevarse a cabo prácticas específicamente diseñadas

para desarrollar ciertos conceptos matemáticos. Este hecho conlleva algunos inconvenientes como pueden ser la disponibilidad y capacidad del aula, la restauración periódica del servidor de donde toma la imagen los ordenadores o la necesidad de dispositivos externos de almacenamiento. Estas circunstancias cambian notablemente desde el momento en el que comienza a generalizarse el uso del ordenador portátil entre el alumnado, promovido en muchos casos por las propias Universidades y centros universitarios.

2. Método.

A comienzos del curso académico 2009-2010 se implementó el Grado de Ingeniería de Edificación en la Universidad de Sevilla. Durante los dos primeros cuatrimestres de dicha titulación se imparten dos asignaturas básicas asociadas al área de conocimiento de Matemáticas, cuyos contenidos contemplan campos como estadística, cálculo numérico, transformaciones lineales y afines, cónicas y cuádricas, curvas y superficies, cálculo diferencial e integral. Este vasto temario se ha venido desarrollando durante diez cursos académicos dentro de la titulación de Arquitectura Técnica en una asignatura anual de 135 horas presenciales, de las que únicamente un 25 por ciento corresponden a clases prácticas en aula de informática con ordenadores de sobremesa, haciendo uso del software *Maple V Release 5.1* como instrumento de apoyo a la hora de resolver ejercicios y problemas matemáticos.

La evaluación de estas prácticas se ha realizado en los últimos cursos académicos haciendo uso de la plataforma WebCT (Arriola, Barrena y otros, 2010). Durante el resto de horas presenciales la resolución de los problemas se lleva a cabo a mano o haciendo uso de calculadoras científicas básicas, con lo que las sesiones prácticas de informática quedan así aisladas del resto del proceso de aprendizaje, siendo su número lo suficientemente reducido como para que la necesidad de un adiestramiento previo en el tipo de software utilizado haga que no se pueda profundizar en gran

medida en las distintas posibilidades que ofrece éste. Esto provoca en ocasiones una drástica ruptura cognitiva entre ambos tipos de actividades.

Cabe observar además que los programas de cálculo simbólico como Maple no son similares a los programas de diseño asistido (CAD – Computer Aided Design) que suele utilizar el alumnado de Ingeniería de Edificación en otras asignaturas de la titulación y en los que el entorno gráfico y el acabado visual adquieren una importancia vital. En este sentido, si bien Maple dispone de un paquete de comandos específicos de dibujo, su efectividad se encuentra en la computación analítica y algebraica, careciendo del entorno gráfico e intuitivo que pueda tener un CAD, con la consecuente dificultad que este hecho conlleva en el proceso de aprendizaje.

Como consecuencia, para lograr una mayor y mejor integración de herramientas informáticas se precisaría de un contacto más prolongado con las mismas, junto a una aproximación de éstas a un entorno gráfico más familiar. El primer requisito sólo se podría alcanzar utilizando el ordenador en el aula fuera del ámbito de las clases prácticas de informática. Esto permitiría por una parte poder disponer del tiempo suficiente para profundizar en la herramienta informática en cuestión y, por otra, se podría optar por complementar dicho software con algún otro programa más acorde con el carácter geométrico de la titulación, abordando de esta forma el segundo de los requisitos a los que se ha hecho mención con anterioridad.

En particular, al uso de un CAS se podría añadir la utilización de algún software DGS, como *Cabri* o *Cinderella*. Al estar basado en construcciones geométricas de regla y compás, este tipo de herramienta informática tiene un entorno gráfico similar al de un programa de diseño asistido. Si bien no dispone de la variedad de efectos visuales de un CAD, permite trabajar en cambio sobre un conjunto más amplio de elementos geométricos en el plano y en el espacio, lo que evita la necesidad de definir polilíneas o splines mediante interpolación polinómica a partir de una serie de puntos base.

Por su parte, el desarrollo en los últimos años de sistemas de geometría dinámica que incorporan herramientas de cálculo simbólico posibilita una interdependencia paramétrica tal que, en caso de

cambiar un determinado parámetro, se reconstruya inmediatamente todos los elementos que constituyan la hoja de trabajo. Más aún, con este tipo de software es posible trabajar simultáneamente con las ecuaciones asociadas a las curvas dibujadas, hecho que puede resultar fundamental a la hora de motivar al alumnado en su utilización, pues, si bien a nivel interno es claro que los sistemas CAD hacen uso de un alto nivel de formulación matemática, es cierto que a nivel de usuario no se visualiza tal dependencia.

Por esta razón, el uso de un sistema de tipo combinado CAS/DGS, como es el caso por ejemplo del software libre *GeoGebra*, permitiría al alumnado entender el funcionamiento interno del conjunto de programas informáticos de diseño asistido que usa habitualmente, encontrando de esta forma una aplicación práctica cercana al conjunto de conceptos matemáticos desarrollados en clase.

Teniendo presente todo lo anterior se planteó la posibilidad de aprovechar el arranque de la nueva titulación de Grado de Ingeniería de Edificación para desarrollar una experiencia de innovación docente que permitiese integrar el uso de herramientas informáticas como apoyo conceptual e instrumental en todas y cada una de las actividades formativas vinculadas a las asignaturas Matemática Aplicada a la Edificación I y II. En todo caso dicha integración no podría realizarse de forma total, dadas las necesidades de atención personalizada que requiere el uso de recursos informáticos y el alto número de alumnos (aproximadamente 90) existente, en general, en cada grupo.

No obstante, se vio la posibilidad de utilizar como experimental el grupo reducido que recibe docencia en inglés, establecido en la titulación atendiendo a las directrices del Proceso de Bolonia en el Espacio Europeo de Educación Superior y al Plan de Política Lingüística de la Universidad de Sevilla. La capacidad limitada a 30 alumnos de dicho grupo se establecía idónea a la hora de desarrollar como experiencia docente la integración de herramientas informáticas durante todo el proceso de enseñanza/aprendizaje, incluida la evaluación de competencias adquiridas.

Se establecieron las siguientes líneas de actuación, atendiendo a cada una de las tres actividades formativas en las que se basan los programas de las dos asignaturas en cuestión:

- a) Clases prácticas de informática: Parte del proceso de enseñanza debe ser mostrar al alumnado cómo elegir la herramienta más apropiada a utilizar en cada momento, así como a elaborar dicha herramienta en caso de que no exista, mediante programación básica o definición de macro.
- b) Clases teóricas: El uso de recursos informáticos interactivos debe permitir al alumnado centrarse en los conceptos y efectuar razonamientos que les lleven a una comprensión efectiva de la materia.
- c) Clases prácticas: La posibilidad de usar un sistema CAS/DGS que simule el comportamiento de un CAD debe permitir el planteamiento de problemas interdisciplinares que busquen mejorar las competencias generales y complementarias de la titulación y que se salgan en cierta medida del ámbito matemático.

La falta de disponibilidad de aulas de informática en las horas presenciales no vinculadas a las clases prácticas de informática, conllevó la necesidad de usar ordenadores portátiles en aulas tradicionales. En este sentido, la mayoría de los alumnos optó por usar los equipos facilitados por la Universidad de Sevilla a los estudiantes de nuevo ingreso. Aquellos alumnos que no se encontraban en esta situación y no disponían de equipo propio solicitaban uno en préstamo al aula de informática del centro.

Cabe observar que la posibilidad de usar sus propios ordenadores permitió agilizar la dinámica de clase al trabajar cada alumno en el entorno familiar aportado por la configuración personal a la que estaba acostumbrado, sin depender del uso que hiciese del mismo otras personas, tal y como suele ocurrir en los equipos de sobremesa de las aulas de informática. Además, el propio alumno era quien se responsabilizaba de tener a comienzos de cada clase en buen funcionamiento su equipo, lo que evitaba los siempre molestos retrasos provocados por tener que configurar ordenadores de uso común con problemas técnicos de última hora.

La primera medida adoptada fue ampliar en todas las horas presenciales tanto la formación como el uso del CAS Maple como herramienta de apoyo en todo el conjunto de operaciones mecánicas que el alumnado debía saber manejar con soltura, atendiendo al adiestramiento que recibe de las mismas

en niveles educativos anteriores. Sería por ejemplo el caso del cálculo básico con matrices, derivadas e integrales. En un proceso de aprendizaje activo, el hecho de que el alumnado no disponga de facilidad en estos cálculos provoca en el aula una ralentización a la hora de ser aplicados en problemas más específicos, a pesar de que normalmente los enunciados de los mismos se preparan previamente para que los cálculos no sean muy complejos. En general, el alumno termina dedicando más tiempo a adiestrarse en técnicas supuestamente ya conocidas que al nuevo concepto a asimilar. Esta dificultad suele darse también en los exámenes, de tal forma que el estudiante gasta un tiempo excesivo en operaciones mecánicas que le impiden abordar de una forma eficaz la resolución del problema en cuestión y demostrar por tanto sus nuevos conocimientos.

Como alternativa al cálculo mecánico a mano se ofreció al grupo experimental la posibilidad de usar, tanto en clase como en exámenes, las herramientas que ofrece Maple en relación al cálculo con matrices, derivadas e integrales. El adiestramiento en estas herramientas se iba realizando en las clases teórico-prácticas simultáneamente a la explicación teórica de los nuevos conceptos. En concreto, cada vez que se ejemplificaba un nuevo resultado teórico a partir de un determinado ejercicio o problema, se mostraba de forma esquemática la resolución tradicional y se detallaba más pormenorizadamente la resolución realizada mediante CAS. Así, el tiempo que normalmente se dedicaba a realizar cálculos mecánicos pasó a ser aprovechado en adiestramiento en el software y en su aplicación en la resolución de ejercicios y problemas de una forma más rápida y eficaz. Una consecuencia derivada de esta metodología fue el hecho de poder trabajar con problemas de enunciados más realistas, al no tener porqué restringir sus condiciones de partida con vistas a cuadrar unas operaciones aritméticas sencillas.

Finalmente, al disponer de un mayor número de horas de trabajo con ordenador, se pudo aumentar el conjunto de herramientas informáticas utilizadas. En concreto, dependiendo del tema abordado en cada momento, se complementó Maple con programas de libre difusión como GeoGebra o WinPlot, diseñados específicamente para desarrollar conceptos geométricos.

3. Resultados.

Previamente a la exposición en clase de cada bloque temático, se fue desarrollando un estudio que establecía qué actividades y ejercicios, de los tradicionalmente resueltos a mano, podrían adaptarse al uso de programas de tipo CAS y DGS, al mismo tiempo que se analizaba la posibilidad de ampliar el campo de aplicaciones prácticas en el campo profesional de la edificación. En la presente sección se presentan algunos de los ejemplos más significativos en cada uno de los bloques y se recogen algunos de los trabajos realizados de forma voluntaria por el propio alumnado, mostrando de esta forma el interés suscitado por esta nueva metodología.

3.1. Estadística.

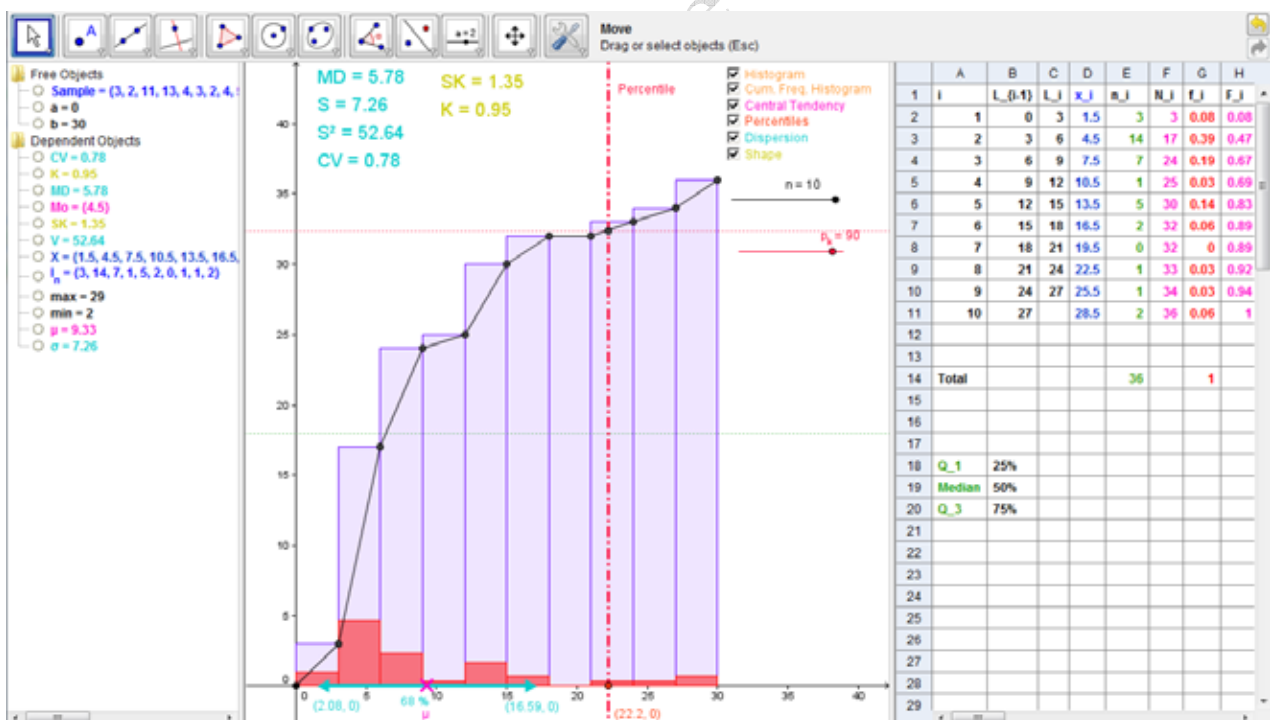


Figura 1: Análisis de una variable estadística continua en GeoGebra.

Tradicionalmente, este bloque temático está vinculado a las prácticas de informática con Maple V Release 5.1 y se establece como primera toma de contacto con el software. Específicamente, una vez introducidos los datos de la muestra seleccionada, se hace uso de los comandos del paquete

stats que permiten obtener de forma inmediata los siguientes estadísticos de una variable aleatoria discreta o continua: media, mediana, moda, percentiles, rango, desviación media, desviación típica, coeficiente de variación, sesgo y curtosis. A nivel gráfico sólo es posible visualizar diagramas de barras e histogramas, siendo complicado realizar una vinculación visual clara entre los estadísticos obtenidos y su influencia en dichas gráficas. Se trata por tanto de un ejemplo bastante claro del carácter de caja negra asociado a un programa de cálculo simbólico, pues si bien internamente desarrolla la formulación correspondiente al cálculo de los estadísticos, el alumnado no percibe de forma transparente la relación existente entre los datos que introduce y los resultados que obtiene.

Este aspecto fue solventado en el grupo experimental al complementar Maple con el uso de GeoGebra, que si bien no es un software específicamente diseñado para abordar problemas estadísticos, su carácter gráfico posibilita al alumnado visualizar en una misma pantalla tanto los polígonos e histogramas de frecuencias absolutas y acumuladas como todo el conjunto de estadísticos asociados (Figura 1). Más aún, el uso de barras de desplazamiento o deslizadores, permite a cada estudiante asociar de forma dinámica a su histograma distintos parámetros como pueden ser por ejemplo el número de intervalos en los que se quiere dividir los datos de la muestra o la frecuencia absoluta de algún determinado valor. Al mover con el ratón cada deslizador, el carácter paramétrico de GeoGebra modifica automáticamente en la hoja de trabajo todos los valores vinculados, lo que otorga una visualización dinámica de la dependencia entre los distintos elementos que intervienen en la variable estadística.

Cabe destacar, en este sentido, el cálculo geométrico de los percentiles, concepto ampliamente utilizado en distintos campos de la carrera profesional de Ingeniería de Edificación, como pueden ser el estudio de las tablas antropométricas en Ergonomía o los procesos de técnicas de control. En concreto, cada estudiante crea en su hoja de trabajo un deslizador con valores de 0 a 100, que le permite obtener de forma dinámica, tras una adecuada construcción geométrica, la intersección entre el polígono de frecuencias acumuladas y la recta horizontal que determina el correspondiente porcentaje del total de individuos de la muestra. La construcción activa de esta visualización

dinámica del concepto de percentil ha resultado mucho más eficaz en el proceso de enseñanza/aprendizaje que la resultante de aplicar únicamente el correspondiente comando en Maple.

3.2. Cálculo numérico.

Vinculado a las clases prácticas de informática, este bloque temático trata la utilización de métodos numéricos en la resolución de ecuaciones no lineales y de sistemas de ecuaciones lineales. Para ello se siguen métodos iterativos que el alumnado debe desarrollar algorítmicamente, definiendo las correspondientes etapas en Maple. En el caso de resolución de sistemas se utiliza el paquete *linalg*, que tiene integrado en particular comandos asociados al método de eliminación de Gauss-Jordan y a la descomposición LU y de Cholesky. Otros métodos como los de Jacobi y Gauss-Seidel son programados en procedimientos específicos.

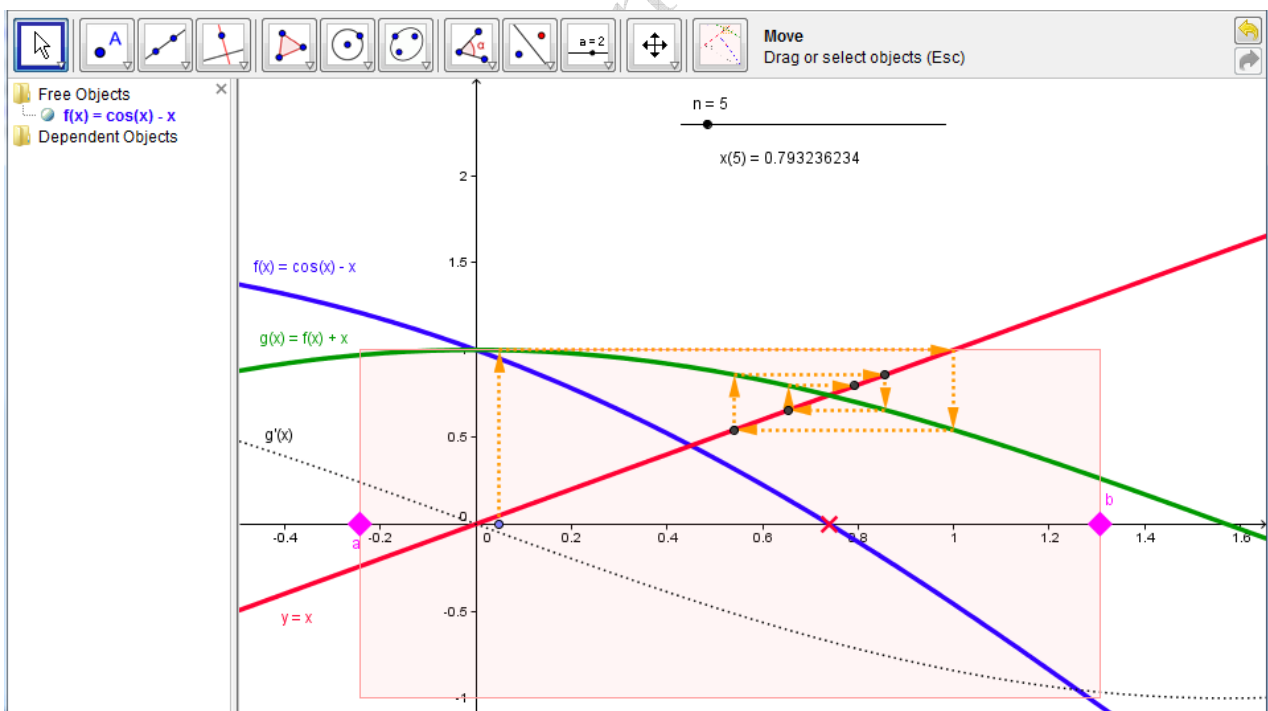


Figura 2: Aplicación del método del punto fijo en GeoGebra.

En cuanto a los métodos de resolución de ecuaciones no lineales (bisección, cuerda, punto fijo y tangente), si bien suelen desarrollarse de forma analítica no hay que olvidar que conceptualmente

están basados en construcciones geométricas que, aunque son de difícil realización en Maple, sí es factible su definición visual en un DGS haciendo uso de construcciones con regla y compás. Ésta fue de hecho la opción llevada a cabo en el grupo experimental, donde se optó por una metodología activa en la que el alumnado tuviese que desarrollar estos métodos haciendo uso de GeoGebra. En la Figura 2 puede verse como ejemplo la hoja de trabajo que ha sido diseñada con la construcción asociada al método del punto fijo, donde el estudiante comprueba visualmente la aproximación en forma de espiral de la raíz de la función a estudiar. La comprensión de los conceptos utilizados mejora a través de este proceso activo y visual que complementa el desarrollo analítico llevado a cabo habitualmente.

3.3. Transformaciones lineales y afines.

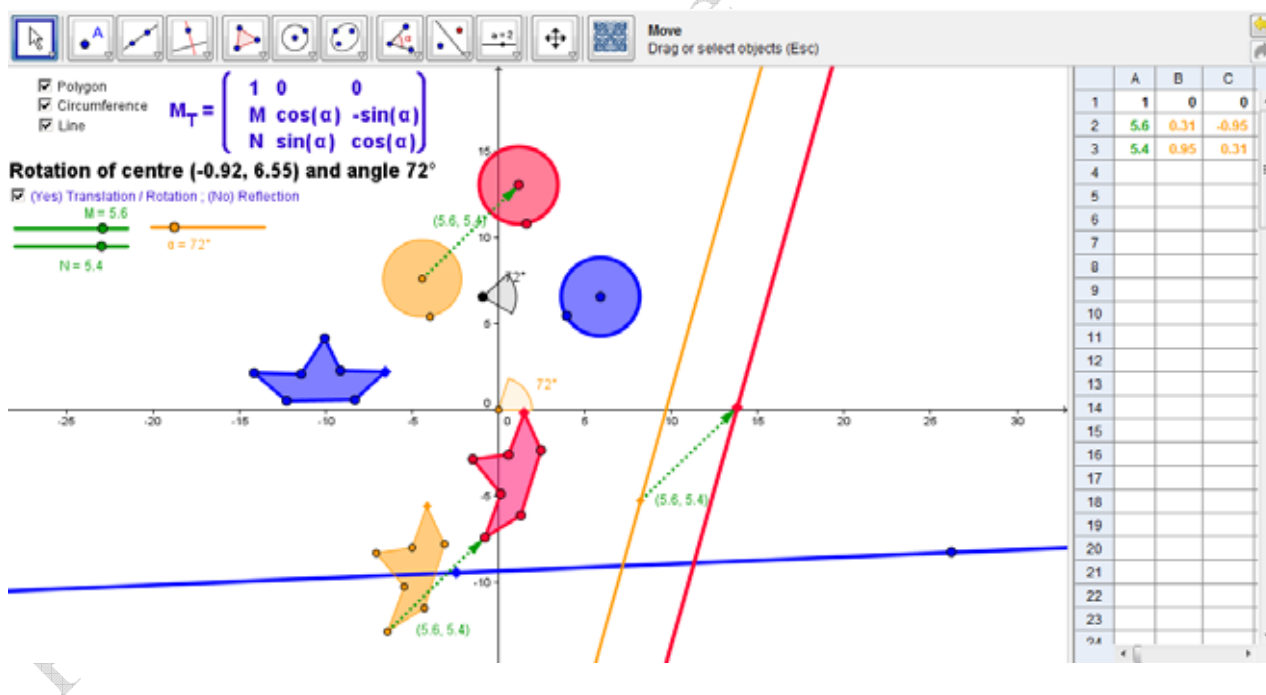


Figura 3: Estudio analítico y geométrico de rotaciones en GeoGebra.

Este bloque temático está incluido en el área de Geometría analítica y suele desarrollarse en las clases teórico-prácticas sin hacer uso de herramientas informáticas. Sin embargo, su aspecto geométrico debería poder ser aprovechado en este sentido, pues resultaría un aliciente para un alumnado con interés en el diseño gráfico. Es así que en el grupo experimental se ha utilizado el

software GeoGebra como herramienta de apoyo en este bloque temático, pues permite incorporar tanto su carácter geométrico como el analítico. Para ello se ha preparado previamente una hoja de trabajo (Figura 3) donde se permite introducir la matriz asociada a una transformación afín y ver el efecto que produce esta última en una determinada figura geométrica. También es posible visualizar la composición de movimientos en el plano a partir del producto de matrices, lo que facilita al alumnado la comprensión de estos conceptos.

3.4. Cónicas y cuádricas.

Se trata de nuevo de un bloque temático asociado al área de Geometría analítica que sin embargo no suele aprovecharse a nivel informático. En el grupo experimental se ha aprovechado nuevamente las características técnicas de GeoGebra para abordar el estudio del mismo. Más aún, dado que este software permite insertar imágenes en la pantalla de trabajo, se ha realizado una actividad con el alumnado que consiste en encontrar edificios con un contorno que pueda aproximarse por una cónica (Figura 4), de tal forma que puedan analizarse los elementos principales de la curva asociada desde un punto de vista geométrico y analítico (Falcón, 2011).

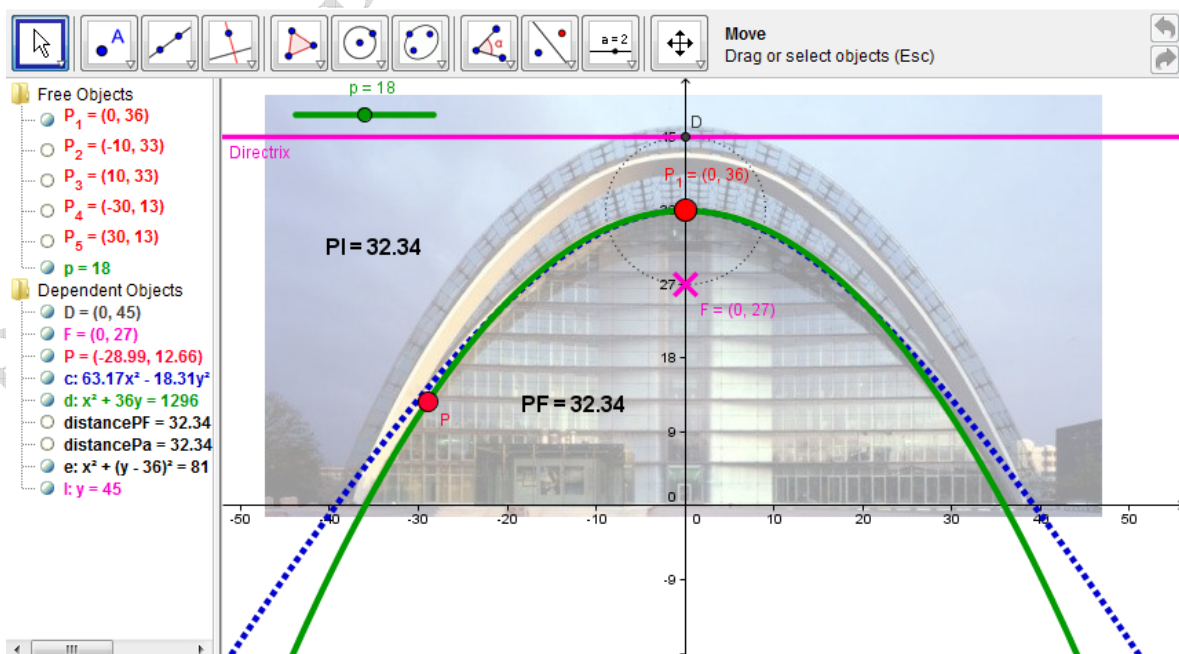


Figura 4: Análisis de un contorno de edificio de forma parabólica.

3.5. Curvas y superficies.

El estudio de curvas y superficies suele hacerse a nivel analítico en las clases teórico-prácticas usando únicamente cálculo diferencial. Sin embargo, este bloque temático tiene un gran potencial a nivel de diseño gráfico, pues su conocimiento permitiría profundizar por ejemplo en el modelado de estructuras arquitectónicas, que es tratado en otras asignaturas de la titulación haciendo uso de herramientas informáticas de tipo CAD. Si bien estos programas están basados internamente en conceptos matemáticos, no permiten al usuario trabajar directamente con el conjunto de fórmulas y ecuaciones que verdaderamente constituyen el fundamento del entorno gráfico. En este sentido, el alumnado del grupo experimental realizó la conversión de GeoGebra, que actualmente sólo trabaja en el plano, en un entorno CAD tridimensional. Para ello se definió una proyección ortográfica basada en los ángulos de Euler que permitía representar las curvas paramétricas de una superficie a partir de sus ecuaciones. Más aún, la creación de deslizadores asociados a los parámetros les permitió modelar con facilidad construcciones basadas en elementos geométricos básicos.

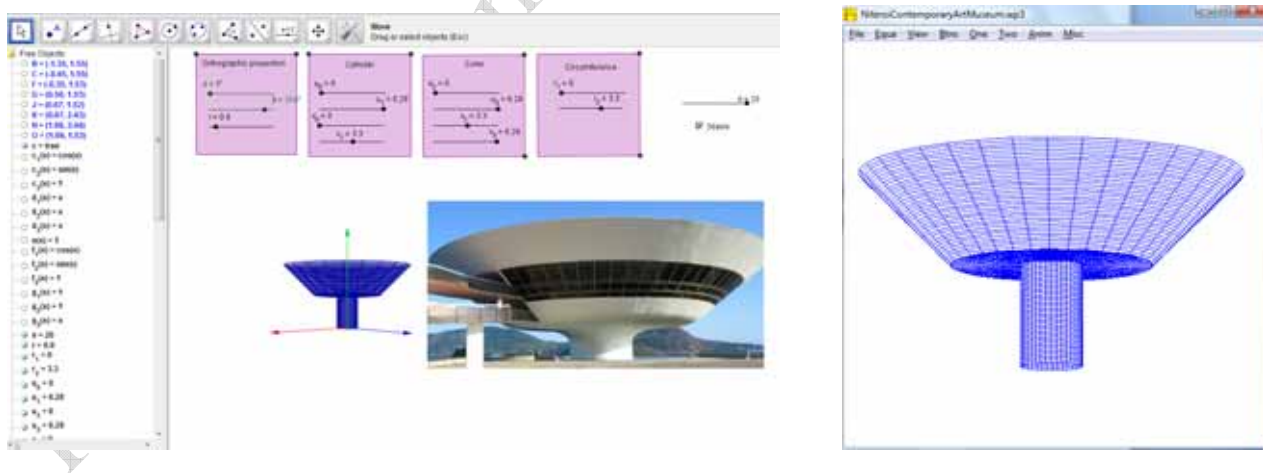


Figura 5: Museo de Arte Contemporáneo de Niteroi en Brasil (Miriam González Roca).

Dado que el motor actual de GeoGebra no tiene la suficiente rapidez para trabajar con este entorno tridimensional virtual, también se hizo uso del software WinPlot, que, si bien no es de tipo DGS, sí permite representar curvas y superficies a partir de sus ecuaciones. Como aplicación práctica voluntaria, se solicitó el modelado de alguna estructura arquitectónica que en su composición

estuviese constituida al menos por dos superficies elementales (Figura 5).

3.6. Resultados académicos.

La utilización diaria de herramientas informáticas en el aula de Matemáticas logró captar el interés y motivación del alumnado de una forma tal que no llegó a producirse ningún abandono a lo largo del curso académico. Cabe indicar además, en relación a la evaluación continua desarrollada, que ésta fue superada por todo el grupo experimental, con el siguiente rendimiento académico por bloque temático (promedio de las notas sobre 10 puntos): Estadística: 6,4. Ecuaciones no lineales: 8,1. Sistemas: 9,4. Transformaciones lineales y afines: 7. Cónicas y cuádricas: 7,8. Cálculo diferencial: 7,1. Cálculo integral: 7,4. Estos aspectos contrastan con los resultados de años anteriores en los que la media de alumnos presentados a evaluación continua había venido rondando el cincuenta por ciento del total de matriculados, de los que sólo un sesenta por ciento de media superaba la asignatura (Arriola, Barrena y otros, 2010).

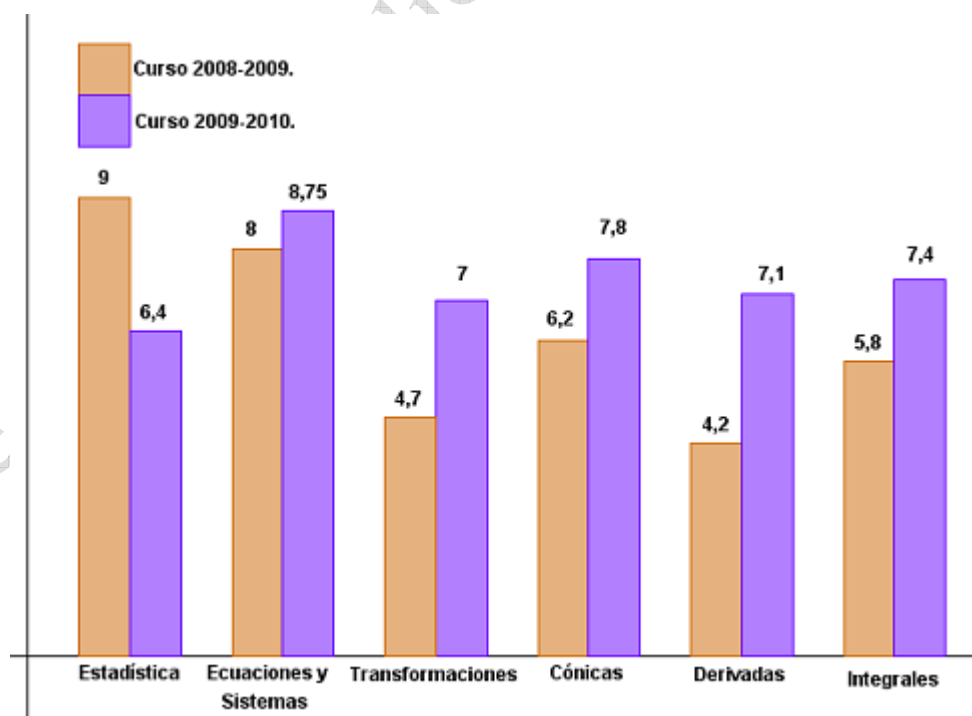


Figura 6: Comparativa de resultados académicos en los cursos 2008-09 y 2009-10.

En concreto, centrandó la comparación con respecto al curso académico anterior, puede observarse

(Figura 6) que, a pesar de necesitar un mayor esfuerzo inicial (compárese las notas en el primer bloque de Estadística), la nueva metodología contribuyó a un aumento en el rendimiento académico global de la materia.

Parte del interés mostrado por el alumnado se vio respaldado por la posibilidad de realizar trabajos complementarios voluntarios, en los que la única condición planteada era buscar un edificio concreto en el que se pudieran distinguir curvas y superficies estudiadas en clase y analizar éstas de forma rigurosa haciendo uso para ello de herramientas informáticas de tipo CAD y CAS. En este sentido, cabe destacar el modelado de edificios con al menos dos superficies claramente reconocibles, cuyas ecuaciones paramétricas pudiesen ser obtenidas a partir de los conocimientos teóricos adquiridos (Figuras 5 y 7).

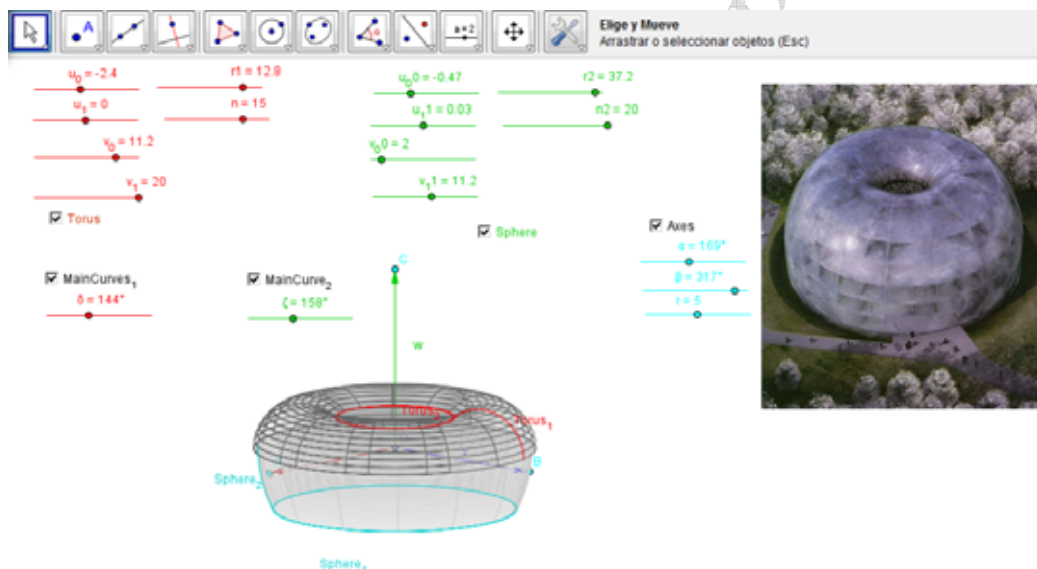


Figura 7: Registro Civil en el Campus de la Justicia de Madrid (José Enrique Pozo Sierra).

El estudio de contornos cónicos de edificios y construcciones civiles también suscitó interés, desarrollando de forma completamente autónoma sus propios modelos matemáticos que mejor se adecuaban a la estructura en cuestión (Figuras 8 y 9).

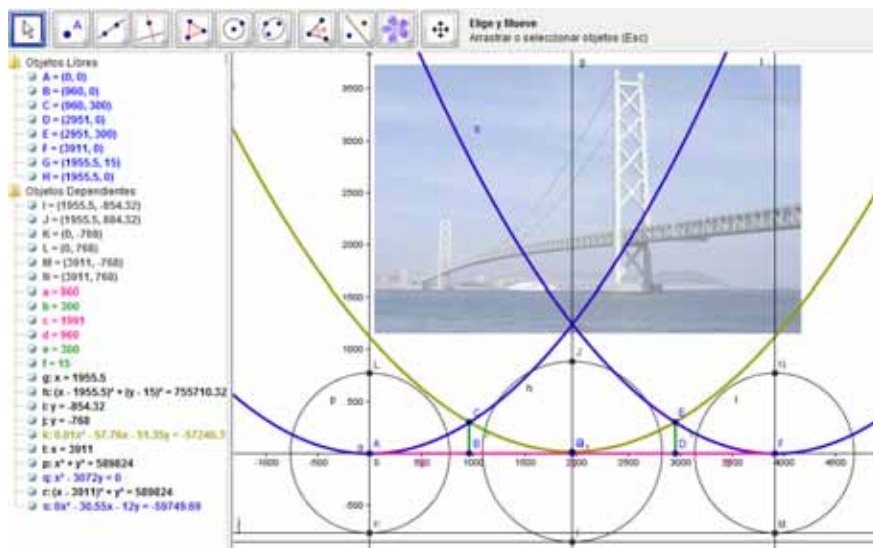


Figura 8: Análisis del cableado del puente Akashi Kaikyo Ohashi (Antonio García Palomo).

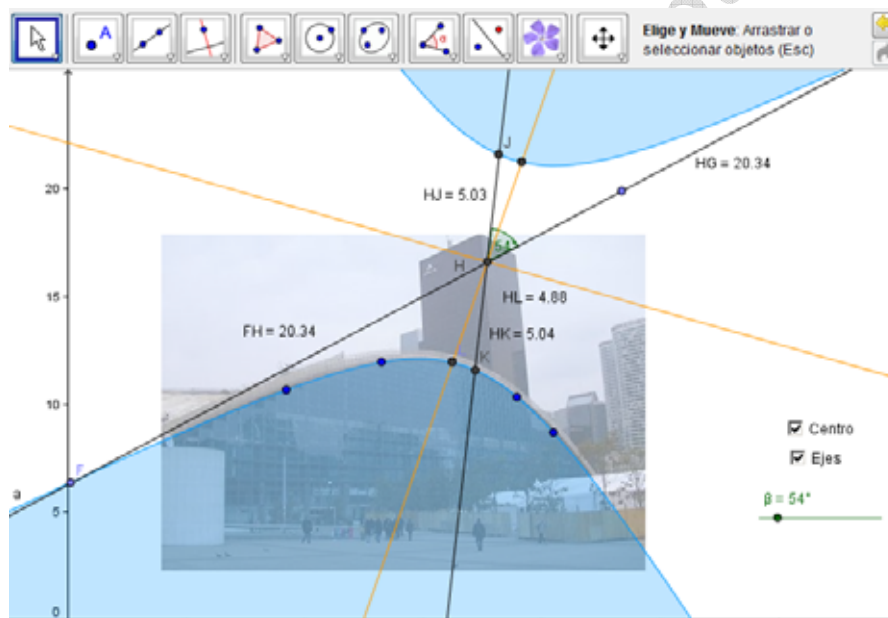


Figura 9: Análisis de fachada de centro comercial de París (Sandra Rodríguez Rubiano).

4. Discusión.

La metodología docente planteada en el presente artículo favorece el hecho de que el CAS/CAD utilizado ejerza verdaderamente su papel de instrumento de apoyo en la resolución de problemas, al igual que puede hacerlo una calculadora en operaciones aritméticas básicas. La integración completa de herramientas informáticas impide una ruptura cognitiva entre los distintos tipos de

actividades formativas realizadas en el aula, al mismo tiempo que posibilita desarrollar conceptos de una forma más visual e intuitiva. La resolución de problemas deja de centrar su atención en las operaciones mecánicas y permite abordar problemas reales cuya resolución requiere cálculos no inmediatos. Se consigue de esta forma mejorar la motivación del alumnado que comprende la utilidad práctica de los conceptos matemáticos dentro de su ámbito académico y profesional.

Analizados los resultados obtenidos en el grupo experimental, durante el primer cuatrimestre del curso académico 2010-2011 se está procediendo a desarrollar una experiencia docente similar en algunos de los grupos restantes. En concreto, al grupo de inmersión total en el uso de recursos informáticos se han añadido tres nuevos grupos donde se desarrolla una inmersión parcial en al menos uno de los tres bloques temáticos asociados a las clases teórico-prácticas: Cálculo matricial, transformaciones y cónicas y cuádricas. En el sistema de evaluación continua contemplado en los proyectos docentes de los cuatro grupos experimentales aparece la posibilidad de superar la correspondiente parte de la asignatura mediante, al menos, una de las siguientes dos opciones:

- a) Presentación individual o en grupo de un problema o proyecto que fomente la interdisciplinariedad y la incorporación de escenarios reales y para cuya resolución se utilicen los recursos informáticos mostrados en clase. Dichos problemas o proyectos podrán ser diseñados tanto por el equipo docente que integra el proyecto como por el propio alumnado.
- b) Resolución de una prueba escrita en la que se permitirá, como instrumento de apoyo, el uso de las herramientas informáticas vistas en clase.

5. Fuentes de financiación.

La experiencia docente llevada a cabo durante el pasado curso académico 2009-2010 se enmarcó como línea de actuación dentro del proyecto «Innovación metodológica para la mejora del aprendizaje de las Matemáticas aplicadas a la Edificación», vinculado a la Línea de Acción 6, Investigación docente, del I Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla. Por su parte, la

experiencia docente que se está llevando a cabo durante el curso académico 2010-2011 se enmarca dentro del proyecto «El uso de portátiles como motor docente en la asignatura Matemática Aplicada a la Edificación I», vinculado a la Línea de Acción 9, Innovación y mejora docente 2010-2011, del I Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla. Como novedad con respecto al curso anterior, de forma simultánea a la docencia se están elaborando un boletín de problemas especialmente diseñado para su resolución con ordenador y una guía especializada con las herramientas necesarias en cada programa informático utilizado, que pueda servir de soporte didáctico y práctico al alumnado.

6. Referencias bibliográficas.

Arriola, R., Barrena, E., Chávez, M.J., Delgado, O., Falcón, R.M., Fernández, A.L., Garrido, M. A., (2010). Aprendizaje autónomo en Matemáticas Aplicadas a la Edificación: Simbiosis entre WebCT y Software Matemático. *Números*, 74, 45-56.

Buchberger, B. (1990). Should Students Learn Integration Rules? *ACM SIGSAM Bulletin*, 24(1), 10-17.

Drijvers, P. (1995). White-box/black-box revisited. *The International Derive Journal* 2(1); 3-14.

Falcón, R.M. (2011). Integration of a CAS/DGS as a CAD system in the mathematics curriculum for architecture students. *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.* En prensa.

Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas & Sociedad Andaluza de Educación Matemática THALES. (2010). *Las calculadoras como recursos TIC*. Recuperado de http://www.aulacasio.com/ficheros/noticias/pdf_42.pdf

Özgün-Koca, S.A. (2010). Prospective teachers' view on the use of calculators with Computer Algebra System in algebra instruction. *J. Math. Teacher Educ.*, 13, 49-71.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research, *J. Eng. Edu.*, 93, 223-232.

«Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y

se fijan sus enseñanzas mínimas». *Boletín Oficial del Estado* (6 de noviembre de 2007), págs. 45381-45477.

Ruthven, K., Henessy, S. & Deany, R. (2008). Constructions of dynamic geometry: A study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers & Education*, 51, 297-317.

Wilf, H.S. (1982). The disk with the college education. *The American Mathematical Monthly*, 89(1), 4-8.

Fecha de recepción: 2010-11-09

Fecha de evaluación: 2011-01-11

Fecha de aceptación: 2011-01-23

Pre-Print. Pendiente de publicación