



Automatización en la enseñanza de Geometría Descriptiva y CAD

Automation in the teaching of descriptive geometry and CAD

Ricardo Moreno Cazorla ¹

¹ Expresión Gráfica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.
Universidad de Granada. Calle Dr. Severo Ochoa, s/n, 18001 - Granada. España
* Corresponding author email: rmc@ugr.es

Recibido: 17/03/2017 | Aceptado: 24/05/2017 | Fecha de publicación: 31/08/2017
DOI:10.20868/abe.2017.2.3560

TITULARES

- Con el uso de procesos automatizados en plantillas CAD es posible el diseño de ejercicios sin intervención del usuario
- La automatización ahorra tiempo, incrementa la calidad y reduce errores humanos
- La optimización del diseño en ejercicios reduce esfuerzos de aprendizaje y acelera la adquisición de habilidades gráficas

HIGHLIGHTS

- Using automated processes in CAD templates enables to design exercises without user assistance
- Automation saves time, increases quality and reduces human errors
- Design optimization in exercises reduces learning efforts and accelerates the acquisition of graphic skills

RESUMEN

El propósito fundamental de este trabajo es cambiar el diseño de ejercicios de Geometría Descriptiva resueltos manualmente a un proceso automatizado mediante Plantillas de CAD de Alto Nivel. En lugar de crear repetidamente ejercicios similares o cambiar los datos en los mismos ejercicios, los usuarios deberían ser capaces de utilizar Plantillas de CAD de Alto Nivel para generar futuras modificaciones del mismo ejercicio. Este documento presenta el proceso de Automatización al generar ejercicios sobre la base de archivos de guión CAD auxiliados con herramientas de cálculo paramétrico de geometrías. Con el método propuesto es posible diseñar nuevos ejercicios sin intervención del usuario. La integración de CAD, Matemáticas y Geometría Descriptiva facilita su aprendizaje conjunto. La Automatización en la generación de ejercicios resueltos no solo ahorra tiempo, también incrementa la calidad de los enunciados y reduce la posibilidad de errores humanos.

Palabras clave: *Geometría Descriptiva, CAD, Enseñanza, Automatización.*

ABSTRACT

The main purpose of this work is to shift from manual Descriptive Geometry exercises method to an automated process using High-Level CAD Templates. Instead of repeatedly creating similar exercises or changing the parameters in the same exercises, users should be able to use High Level CAD Templates to generate future modifications of the same exercise. This paper introduces the Automation process when generating exercises based on CAD script files aided with parametric geometry calculation tools. With the proposed method it is possible to design new exercises without user intervention. The integration of CAD, Mathematics and Descriptive Geometry facilitates their joint learning. Automation of generation of solved exercises not only saves time, put also increases quality of statements and reduces the possibility of human errors.

Key words: *Descriptive Geometry, CAD, Teaching, Automation.*

1 INTRODUCCIÓN

Por definición, Geometría Descriptiva es un método para estudiar geometría 3D a través de imágenes 2D. Proporciona información sobre la estructura y las propiedades métricas de los objetos, procesos y principios espaciales. De acuerdo con esto, los cursos de Geometría Descriptiva cubren no sólo la teoría de la proyección, sino también las técnicas de modelado para curvas, superficies y sólidos, ofreciendo así una visión de una amplia variedad de formas geométricas. Un importante principio metodológico en este tema es "Aprender haciendo", y un objetivo tradicional es desarrollar y perfeccionar las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes.

Los dibujos son la guía de la geometría pero no el objetivo principal. Como las herramientas de dibujo han cambiado drásticamente en los últimos años, esto ha tenido consecuencias para la educación en Geometría Descriptiva. Los programas CAD reemplazan los dibujos manuales. Esto hace que el tema sea más interesante y atractivo para los alumnos y estudiantes, ya que ahora pueden producir imágenes foto-realistas de alta calidad como salida. Por supuesto, este desarrollo es a costa de la formación en razonamiento geométrico.

La creciente importancia de las tecnologías de la información en el mundo cotidiano y en la educación hace que la cuestión de la enseñanza de Geometría Descriptiva con el uso de software informático sea urgente.

Diseño Asistido por Ordenador (CAD) es el uso de sistemas informáticos para ayudar en la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño. El software CAD se utiliza para aumentar la productividad del diseñador, mejorar la calidad del diseño, mejorar las

comunicaciones a través de la documentación y crear una base de datos para la fabricación. A medida que las técnicas de modelado CAD se hacen más y más avanzadas, es necesario completar el modelado del producto y diseñar los cambios más rápido que nunca. Actualizar manualmente conjuntos, que tienen cientos de subconjuntos y partes, en programas de modelado 3D es muy complicado y lleva mucho tiempo.

Sin duda alguna, una vez que una tarea está totalmente definida, los ordenadores y las máquinas son imbatibles en la ejecución de tareas repetitivas, con gran velocidad y precisión sostenida. Con este fin, Hopgood afirma que "las computadoras han sido capaces de eliminar el tedio de muchas tareas que se realizaban previamente manualmente". El proceso mencionado también es citado por varios investigadores como la automatización del diseño (DA). La frase clave aquí es que se han eliminado muchas tareas manuales a través de DA y una pregunta natural sería, ¿por qué no eliminar el tedio de todas las tareas manuales?

Uno de los grandes beneficios de usar aplicaciones CAD para crear dibujos técnicos es la capacidad de personalización para adaptarse a los procesos de las empresas. Si podemos establecer un proceso de dibujo técnico frecuente, debemos automatizarlo. Si alguna vez tenemos que dibujar lo mismo dos veces con CAD - pensamos en cómo automatizarlo para que nunca tengamos que hacerlo de nuevo.

Una de las maneras más fáciles de automatizar un proceso es escribir un guión. En términos de programación informática, un guión es un programa que se ejecutará sin interacción del usuario. En AutoCAD, un archivo de guión es un archivo de texto ASCII que contiene un

conjunto de instrucciones en línea de comandos a seguir - al igual que un actor leyendo desde un guión. Los archivos de guión de AutoCAD siempre tienen una extensión de archivo '.scr'.

AutoLISP es el lenguaje de programación original y el más popular para AutoCAD. La razón de su popularidad es que es la extensión natural del programa. No es necesario software adicional para funcionar, y AutoLISP puede ejecutar los comandos que Autodesk y otros desarrolladores ofrecen en la ventana de comandos.

El código AutoLISP puede ser introducido directamente en la ventana de comandos o cargado usando un fichero '.lsp'. Una vez cargado un programa AutoLISP, puedes ejecutar las funciones incorporadas desde la ventana de comandos. Estas funciones pueden ser ejecutadas de forma similar a los comandos de AutoCAD, pero es el programador quien decide los mensajes a mostrar. Es posible usar código AutoLISP con una macro de comandos que es activada desde la interfaz de usuario de AutoCAD o desde una herramienta sobre una paleta.

El uso de entornos de desarrollo visuales puede ser muy útil para que los estudiantes entiendan los conceptos generales de programación, pero los lenguajes de guión son fundamentales para implementar sistemas de diseño generativo 0.

Es posible aprender a dibujar con AutoCAD y a programar con AutoLISP para AutoCAD utilizando los manuales y las ayudas en línea que nos ofrecen tanto Autodesk (knowledge.autodesk.com) como otros sitios web de desarrolladores independientes (leemac.com, afrialisp.net o cadtutor.com). El autoaprendizaje mediante tutoriales y vídeos

está muy extendido y son numerosos los sitios web disponibles para resolver cuantas dudas podamos plantear utilizando buscadores avanzados si antepone las palabras AutoCAD o AutoLisp según proceda.

En el diseño de productos de ingeniería complejos es esencial manejar acoplamientos cruzados y sinergias entre subsistemas 0. Una técnica emergente, que tiene el potencial de mejorar considerablemente el proceso de diseño, es la Optimización Multidisciplinar del Diseño (MDO) de productos de ingeniería compleja 0.

La MDO requiere una estructura de diseño concurrente y paramétrica. La automatización del diseño (DA) y la ingeniería basada en el conocimiento (KBE) son potentes herramientas para la búsqueda de estas estructuras 0. El conocimiento requerido es capturado y almacenado como reglas y hechos para finalmente ser activado bajo demanda. Un desafío crucial es cómo y qué tipo de conocimiento debe almacenarse para poder crear estructuras genéricas de DA. El objetivo es pasar del modelado manual de geometrías desechables a la automatización CAD (Computer Aided Design) mediante la introducción de plantillas de geometría genéricas de alto nivel. En lugar de modelar instancias similares de objetos repetidamente, los ingenieros deberían ser capaces de crear modelos más generales que puedan representar clases enteras de objetos.

Para Asperl 0, en el aprendizaje dirigido de CAD los estudiantes consiguen un nivel de habilidades y conocimiento adecuados por su motivación positiva con dos objetivos básicos: conseguir buenas calificaciones y estar bien preparados para tareas futuras. Este realiza sugerencias importantes:

- Permitir a los estudiantes elegir el grado de dificultad de sus tareas, al elegir ejercicios similares entre los proporcionados.
- Presentar mini tutoriales.
- Proporcionar objetos realísticos y ejemplos, ajustados a la especialidad de los estudiantes.
- Ofrecer modelos reales y virtuales.
- Animar las lecciones con pequeños y grandes proyectos.
- Incorporar compañeros y grupos de trabajo con los cursos de CAD.

Como consecuencia de esto 0 la posición y el papel de los profesores tiene que cambiar también. Enseñar frente a la audiencia y explicar construcciones paso a paso debería ser solo una pequeña parte de la educación en CAD y en otras materias. El profesor no debe ser el centro de las actividades; es más eficiente poner al estudiante en el centro. En comparación con equipos deportivos, un buen profesor no tiene que ser el jugador estrella, pero tiene que ser el mejor entrenador. Para conseguirlo:

- Debería comprender las dificultades del aprendizaje en CAD y ser capaz de afrontar estos problemas de varias formas.
- Notará las dificultades del proceso de aprendizaje de sus estudiantes.
- Promueve un aprendizaje autónomo por secuencias orientadas a procesos y problemas.
- Está convencido que el CAD es una parte importante de la educación.

Para Bokan 0 “el rápido desarrollo de aplicaciones CAD/CAM ha hecho completamente obsoletos a los métodos clásicos de Geometría Descriptiva. Sin embargo, esta disciplina sigue siendo muy importante para fortalecer la intuición espacial”. La introducción de modernas aplicaciones (ej. AutoCAD) en Geometría Descriptiva mejora la calidad de los estudios. Los estudiantes se

involucran e interesan más. También desarrollan habilidades prácticas útiles en el mercado de trabajo. Es alentador saber que los estudiantes pueden producir accesorios de enseñanza de alta calidad y muy útiles.

La idea 0 no es enseñar a los estudiantes métodos particulares de Geometría Descriptiva, sino resolver los mismos problemas espaciales usando las características 3D de AutoCAD. De esta manera, la solución geométrica de un problema permanece igual, pero la técnica ya no es clásica. La solución es inmediatamente un objeto 3D que se puede proyectar fácilmente de muchas maneras, cada uno de los cuales requeriría un dibujo separado en la Geometría Descriptiva clásica. Este enfoque también es útil para fortalecer la intuición espacial de un estudiante. Es una especie de modelado geométrico, pero aplicado a problemas clásicos de Geometría Descriptiva.

Para Dosen: 0 “En general, los estudiantes en línea requieren apoyo adicional, ya que necesitan ajustar sus enfoques para el aprendizaje. Sin embargo, la enseñanza de CAD en línea es más difícil que la enseñanza de otros temas. Los estudiantes en el campus asisten a tutorías cara a cara e interactúan con su tutor que es capaz de mostrar interactivamente y visualmente aspectos de la interfaz gráfica de usuario de CAD, mientras que los estudiantes de aprendizaje a distancia dependen de la comunicación con el profesor, así como los materiales didácticos disponibles”.

Para Oraifige 0 “Los resultados generales respaldan el argumento de que los sistemas en línea para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de los estudiantes pueden implementarse de manera fiable. Sin embargo, son necesarios una planificación y un análisis cuidadosos para obtener los beneficios potenciales.”

En este esfuerzo para abordar los desafíos mencionados, este documento propone la creación de plantillas CAD de alto nivel (HLC) para la manipulación de geometría y plantillas de Análisis de Alto Nivel (HLA) para las evaluaciones de conceptos.

2 METODOLOGÍA. PLANTILLAS DE GEOMETRÍA DESCRIPTIVA Y CAD

AutoCAD utiliza identificadores de objetos, que permanecen ocultos durante el proceso de dibujo, que un usuario medio normalmente desconoce. Estos son necesarios para la manipulación interna de los objetos, pero debido a su extensión y a su difícil asimilación resultan incómodos para explicar procedimientos de Geometría Descriptiva.

Con AutoLISP es posible utilizar variables, para crear referencias geométricas e identificadores de objetos, que pueden ser similares a las utilizadas tradicionalmente en Geometría Descriptiva. Estas referencias son muy útiles en la descripción detallada de procedimientos. Una limitación importante es que no podemos utilizar referencias a objetos y a proyecciones distinguiendo entre mayúsculas y minúsculas. Pero en cambio es posible utilizar caracteres especiales.

En la ventana de comandos, en los archivos lsp y en las macros es posible combinar el uso de comandos de AutoCAD y símbolos de AutoLISP: comandos, funciones y variables (utilizadas como referencias de usuario).

Para comprender mejor las posibles combinaciones presentamos unas líneas de código en AutoLISP, que puede ser utilizado tanto en archivos '.lsp' como en archivos de guión '.scr':

- (setq A (list 79.41 29.41 0.0) B (list 79.41 79.41 0.0) H1 100.0 N1 5)
- (defun eleva (Pto Elev) (list (car pto) (cadr pto) Elev))
- (setq #base (entlast))
- (setq O1 (centroid (listpol #base)) V1 (eleva O1 H1))

En un archivo de guión o en la ventana de comandos de AutoCAD introducimos comandos acompañados de referencias declaradas previamente mediante variables de AutoLISP, a las que debemos anteponer una exclamación para ser utilizadas:

- _polygon !N1_e !A !B
- _pyramid_s !N1_e !A !B !H1
- _projectgeometry !#AV1 !#BV1 !#prisma_p (car R) (cadr R)

Las funciones de AutoLISP (entre paréntesis) pueden ser utilizadas como argumentos en los comandos de AutoCAD. Los comandos pueden ser utilizados en AutoLISP mediante la función command:

- (command "_polygon" N1 "_e" A B)
- (command "_pyramid" "_s" N1 "_e" A B H1)
- (command "_projectgeometry" #AV1 #BV1 "" #prisma "_p" (car R) (cadr R))

Para verificar la validez de los métodos presentados, se presentan y evalúan dos prácticas de ejemplo: Superficies radiadas sombreadas e Intersección de planos.

En cualquier caso, para evitar errores inesperados, es importante desactivar las ayudas al dibujo de la Línea de Estado cuando ejecutamos las funciones en los archivos de guión y volver a activarlas al terminar.

Las prácticas ejemplo son resueltas previamente como borradores. Creamos referencias con los datos paramétricos y con las referencias que puedan ser reutilizadas. Dibujamos con AutoCAD, extraemos el historial y lo resumimos en archivos de guión. Un

análisis posterior nos permitirá condensar el contenido mediante variables, funciones y comandos creados con AutoLISP.

El primer ejemplo de plantilla: “Práctica 5 - Superficies radiadas sombreadas” está compuesto por varios tipos de archivos: a) una plantilla de dibujo vacía (A3.dwt); b) seis de guión (P5.scr, P5a.scr, P5b.scr, P5c.scr, P5d.scr y P5e.scr); y c) uno de AutoLISP (dgfun.lsp). El modelado 3D lo dividimos en varios archivos de guión – organizados por capas y episodios:

- A3.dwt: plantilla de dibujo de AutoCAD,
- P5.scr: crea la estructura de capas y 5 presentaciones,
- P5a.scr - a_data (comprensión): representación de los datos,
- P5b.scr - b_auxiliar (análisis y diseño): análisis topológico y cálculos auxiliares de las trazas de los planos de sombra,ppdddsoe sombraom partir de los contornos,na prnalidades parecidas.izadas con ppddd

- P5c.scr - c_process (planificación): separatrices de las sombras,
- P5d.scr - d_process (exploración): propuesta de planos auxiliares,
- P5e.scr - e_results (verificación): comparar resultados automáticos.
- Dgfun.lsp: son las funciones de cálculo y análisis de geometrías.

El segundo ejemplo de plantilla: “Práctica 2 – Intersección de planos” está compuesto por los archivos: a) una plantilla de dibujo vacía (A3.dwt); b) dos guiones (Ex.scr y Ex1.scr); c) uno de AutoLISP (dgfun.lsp). El modelado 3D y la presentación se puede dividir en varios archivos de guión – organizados por capas y episodios.

Cuando utilizamos las plantillas divididas en episodios podemos interrumpir el proceso en un momento determinado y terminar de resolver el ejercicio sin más ayuda. E incluso es posible reanudar el proceso donde lo interrumpimos y comparar nuestros resultados con la plantilla.

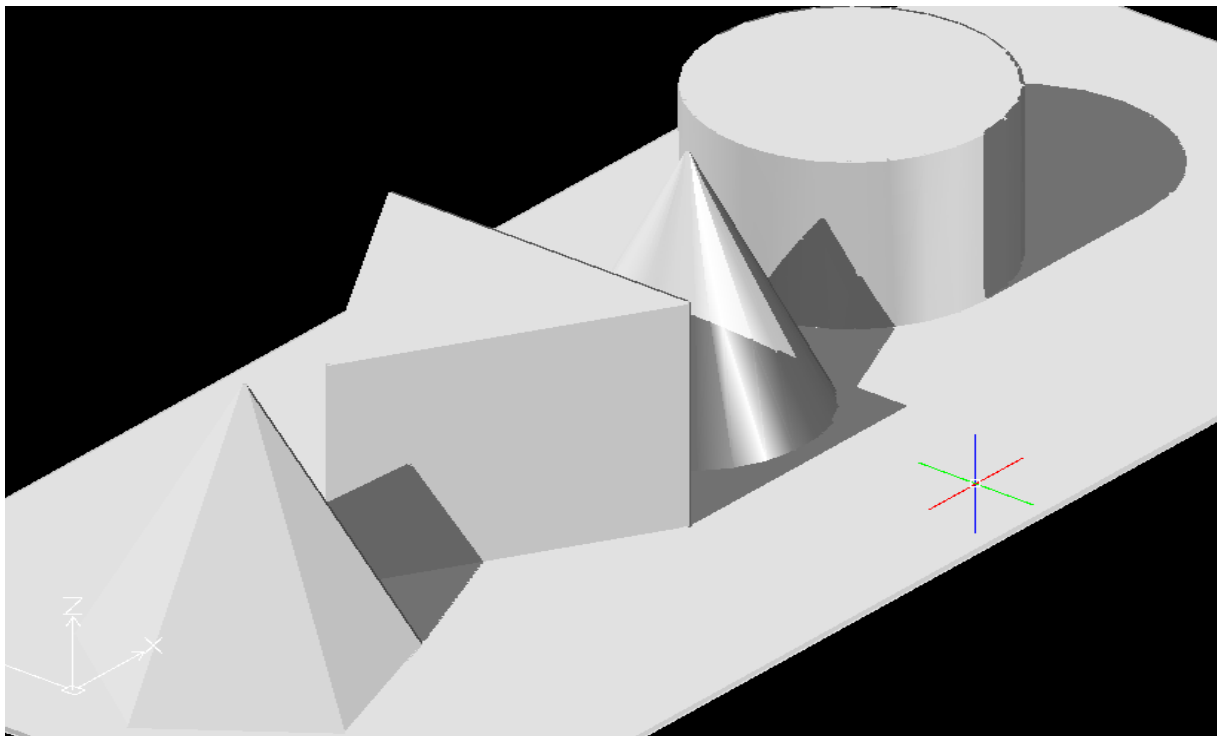


Fig. 1. Superficies radiadas sombreadas, Imagen foto-realista

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ejemplo 1 hemos declarado funciones de uso común ajustadas a nuestras necesidades, con énfasis sobre el manejo de polígonos, operaciones con vectores, cálculo de sombras, secciones y proyecciones. Los polígonos tienen un importante protagonismo en el análisis topológico de sombras incorporado y en cualquier desarrollo posterior cuando necesitemos depurar esta plantilla.

En el archivo de guión P5e utilizamos comandos avanzados de AutoCAD, que no son de uso común en versiones antiguas. Estos sirven para proyectar objetos alámbricos sobre sólidos o superficies. En el archivo de guión P5d se resuelven las proyecciones mediante secciones con planos auxiliares.

Para completar el ejercicio como se muestra en la imagen es necesario estampar en las caras las líneas de sombra y colorear las regiones afectadas. Aunque estas operaciones no quedarán reflejadas en los archivos pdf 3D que exportemos para el uso en dispositivos móviles.

Si necesitamos resolver otro ejercicio parecido solo tenemos que cambiar los datos paramétricos y volver a ejecutar la plantilla a partir del archivo de guión correspondiente a la representación de datos.

En las presentaciones del ejemplo 2 incorporamos funciones para el dibujo simultáneo de las proyecciones diédricas (papel) y de la geometría 3D (modelo).

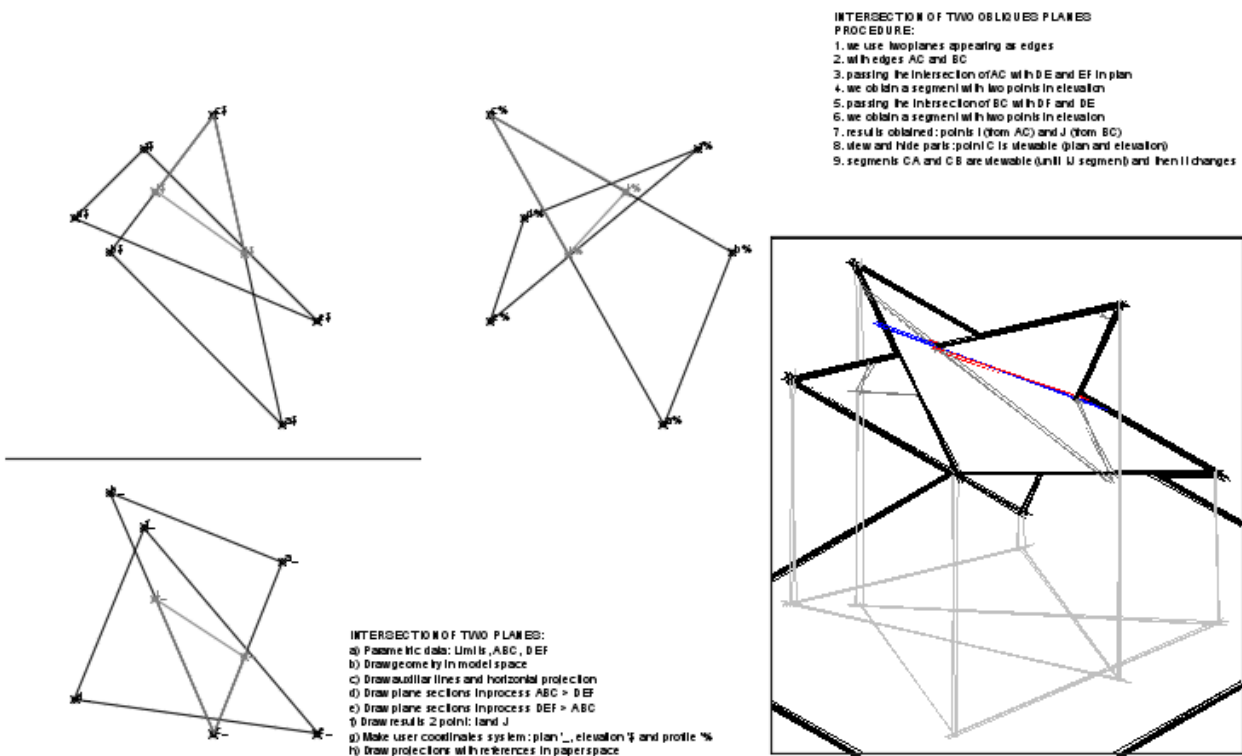


Fig. 2. Intersección de Planos, Presentación en Sistema Diédrico

Las Plantillas de Geometría Descriptiva y CAD, basadas en ontologías, suponen un gran avance para la generación automática de recursos educativos. Estas plantillas pueden utilizarse como monitores de prácticas a medida. El alumno se introduce simultáneamente en la Geometría Descriptiva y en el complejo mundo del CAD con sus derivados. Un ejercicio puede ser repetido con múltiples datos paramétricos hasta afianzarlo. Para evitar el tráfico de resultados entre alumnos es posible cambiar los datos de partida y disponer automáticamente de múltiples resultados.

Aunque existen plataformas de desarrollo más evolucionadas que AutoLisp y los archivos de guión, presentan la dificultad de no funcionar en otros sistemas (macOS y Linux) y en aplicaciones compatibles con AutoCAD. También presentan el inconveniente de que requieren conocimientos de programación.

Los programas actuales de CAD avanzado disponen de poderosos entornos de desarrollo con lenguajes de guión, parecidos a AutoLISP, que posibilitan su uso como plataforma para la generación de Plantillas de Geometría y CAD.

El uso de entornos de desarrollo visuales puede ser muy útil para que los estudiantes entiendan los conceptos generales de programación, pero los lenguajes de guión son fundamentales para implementar sistemas de diseño generativo 0.

Las plantillas de Geometría Descriptiva y CAD pueden ser útiles para:

- explicar los conceptos teóricos mediante ejemplos prácticos,
- permitir la lectura detallada del texto de la Plantilla de CAD de Alto Nivel compuesta por los archivos de guión donde queda explicado mediante comentarios el procedimiento seguido,

- permitir la lectura detallada de los archivos de AutoLISP donde quedan explicadas las funciones matemáticas creadas como Plantillas de Análisis de Alto Nivel.

- resolver los ejercicios previstos por el profesor de forma flexible,

- poner a prueba el nivel de conocimiento teórico del alumno mediante evaluación y confrontando - gamificando resultados personales y automáticos,

- servir como plataforma de pruebas para los alumnos que deseen ejercitarse con garantía de éxito antes de someterse a pruebas de evaluación,

- servir como plataforma de desarrollo para la creación de nuevas plantillas.

-

La Gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos.

Solamente la sinergia de tres materias básicas complementarias (Matemáticas, Geometría Descriptiva y CAD) hará que los estudiantes accedan a estos conocimientos en menos tiempo y con menos esfuerzo. En este sentido Stachel 0 dice: "Solo personas con un profundo conocimiento de Geometría Descriptiva serán capaces de hacer un uso extendido de los programas de CAD" y también afirma: "Sigue aumentando la importancia de las Matemáticas a pesar de que los ordenadores se hacen cargo del trabajo computacional".

Podemos abundar más en el terreno de la optimización multidisciplinar del diseño e incorporar la Informática como cuarta materia básica involucrada en el manejo de plantillas de Geometría Descriptiva y CAD.

4 CONCLUSIONES

Este documento propone un método de automatización sobre los procedimientos existentes para generar ejercicios de Geometría Descriptiva y CAD. El método propuesto es analizado con variados datos paramétricos con cuatro superficies radiadas que proyectan sombras entre sí, extrayendo las siguientes conclusiones:

1. Utilizando procesos de Automatización es posible el diseño de ejercicios sin intervención del usuario.
2. La automatización en la generación de ejercicios no solo ahorra tiempo, además incrementa la calidad de los postulados y reduce la posibilidad de errores humanos.
3. La optimización multidisciplinar del diseño en ejercicios reduce esfuerzos de aprendizaje y acelera la adquisición de habilidades gráficas.

La creación inicial de plantillas de Geometría Descriptiva y CAD es realizada por autores expertos pero su uso y modificación no requiere conocimientos avanzados.

La disposición de los alumnos para el aprovechamiento de las sesiones de clase magistral y de las prácticas habituales se maximiza una vez han visualizado y participación en los vídeos previamente puestos a disposición para la preparación de la clase magistral y la práctica.

REFERENCIAS

[1] Stachel, H. (2007). The status of today's Descriptive Geometry related education (CAD/CG/DG) in Europe. *Journal of Graphic Science of Japan*, 41(Supplement1), 15-20.

[2] Nassery, F. (2013). Autocad assisted teaching of descriptive geometry and engineering graphics. *Journal Biuletyn of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics*, 25.

[3] Hoppood, A. A. (2011). *Intelligent systems for engineers and scientists*. CRC press.

[4] Siddesh, S., & Suresh, B. S. (2015). Automation of Generating CAD Models. *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, 5(3B), 55-58.

[5] Ambrosius, L. (2015). *AutoCAD Platform Customization: User Interface, AutoLISP, VBA, and Beyond*.

[6] Celani, G., & Vaz, C. E. V. (2012). CAD scripting and visual programming languages for implementing computational design concepts: A comparison from a pedagogical point of view. *International Journal of Architectural Computing*, 10(1), 121-137.

[7] Tarkian, M. (2012). *Design Automation for Multidisciplinary Optimization: A High Level CAD Template Approach*.

[8] Amadori, K., Tarkian, M., Ölvander, J., & Krus, P. (2012). Flexible and robust CAD models for design automation. *Advanced Engineering Informatics*, 26(2), 180-195.

[9] Asperl, A. (2005). How to teach CAD. *Computer-Aided Design and Applications*, 2(1-4), 459-468.

[10] Bokan, N., Ljucovic, M., & Vukmirovic, S. (2009). Computer-aided teaching of descriptive geometry. *Journal for Geometry and Graphics*, 13(2), 221-229.

[11] Dosen, A. S., Sher, W., Gajendran, T., & Gu, N. (2012). Teaching cad: The challenges of online delivery to distance learning students. In

Proceedings 37th AUBEA international conference (pp. 48-56).

[12] Oraifige, A., Wu, M., Mills, B., & Oraifige, I. (2011). An online intelligent system for teaching design technologies to engineering students. *engineering education*, 6(1), 40-51.

[