

# Integración y evaluación de una propuesta para la enseñanza del conocimiento estratégico en CAD

## *Integration and evaluation of a proposal for strategic knowledge teaching in CAD*

### ABSTRACT:

Computer-aided design competency is critical for an engineering graduate starting in the world of work. Therefore, the development of this competency must be in line with professional requirements and consider the design constraints. For example, in the case of modeling, a geometrically correct model may not be sufficient if it is unable to withstand the modifications required by design changes. Therefore, we consider that training must be based on the development of this knowledge, known as strategic knowledge, and encourage its acquisition.

This article describes a CAD training proposal focused on the development of strategic knowledge. Starting from the contributions of researchers, the modeling process is broken down so that it can be reproduced in the different scenarios that may be presented at the time of modeling. In order to facilitate the acquisition of this knowledge, an active learning framework has been established and specific didactic strategies have been developed for this purpose. Finally, the results of an empirical test are presented after the implementation of this proposal in which the results show a notable improvement in the experimental group in relation to the control group.

**Keywords:** CAD modeling, teaching-learning, strategic knowledge

### RESUMEN:

La competencia de diseño asistido por ordenador es fundamental para un egresado en ingeniería que comienza en el mundo laboral. Por ello, el desarrollo de esta competencia debe estar en consonancia con los requerimientos profesionales y considerar los condicionantes del diseño. Por ejemplo, en el caso del modelado, un modelo geoméricamente correcto puede no ser suficiente si no es capaz de soportar las modificaciones exigidas por los cambios en el diseño. Por tanto, consideramos que la formación tiene que sustentarse en el desarrollo de este conocimiento, conocido como conocimiento estratégico, y fomentar su adquisición.

En este artículo se describe una propuesta de formación en CAD centrada en el desarrollo del conocimiento estratégico. A partir de las aportaciones de otros investigadores, se desgana el proceso de modelado para que sea reproducible en los diferentes escenarios que se puedan presentar a la hora de modelar. Para facilitar la adquisición de este conocimiento, se ha establecido un marco de aprendizaje activo y se han desarrollado estrategias didácticas específicas a tal fin. Por último, se presentan los resultados de una prueba empírica tras la implantación de esta propuesta en el que los resultados muestran una notable mejoría en el grupo experimental respecto al de control.

**Palabras clave:** Modelado en CAD, enseñanza-aprendizaje, conocimiento estratégico

## 1.- INTRODUCCION

Desde el comienzo de los sistemas de CAD, la formación en estos sistemas ha constituido un reto en el ámbito de la universidad y de la industria [1]–[3]. Las universidades del área de la ingeniería han integrado la docencia en CAD en sus currículos, pero la adaptación de los currículos no sigue el ritmo de los avances de los sistemas de CAD que están modificando la práctica profesional [4]. Conjuntamente, diversos autores afirman que la mayoría de la docencia actual en CAD se centra principalmente en el conocimiento declarativo [5], es decir, los estudiantes aprenden las opciones de una determinada herramienta de CAD para materializar un diseño, pero no se incide en el conocimiento estratégico.

El conocimiento estratégico se entiende como la mejor forma de organizar el proceso de resolución de un problema en un dominio de conocimiento específico [6] o el conocimiento de métodos alternativos de resolución y elección entre ellos[7]. A diferencia del conocimiento declarativo (know what) y el conocimiento procedimental (know how) este conocimiento implica el desarrollo de procesos cognitivos de orden superior relacionados con la metacognición[8]. En el aprendizaje del CAD, estos procesos incluyen entre otros, la planificación, la revisión y la predicción del comportamiento futuro del diseño ante posibles modificaciones.

Aunque el concepto de intención de diseño sea “nebuloso”[9], si nos atenemos a la definición proporcionada por Barnes et al. [10] como la inteligencia construida en el modelo sólido para controlar el comportamiento de la pieza cuando está sujeta a cambios o alteraciones, se puede observar una clara relación entre este

26 concepto y el desarrollo del conocimiento estratégico. La eficiente transmisión de la intención de diseño en  
27 el modelado de una pieza en CAD facilita la reutilización de la pieza y las modificaciones a las que pueda ser  
28 sometida esta pieza debido a los requerimientos en el desarrollo del proceso de diseño. Teniendo en cuenta  
29 que la incidencia de la transmisión de la intención de diseño, entre otros factores, es determinante en el  
30 desarrollo del diseño de un producto, diversos autores [8], [11], [12] apuntan a la necesidad de focalizar el  
31 aprendizaje del CAD en el conocimiento estratégico desde un principio, a la vez que el alumno adquiere el  
32 conocimiento declarativo y procedimental. Si bien esta necesidad se manifiesta en diversas investigaciones,  
33 surge la cuestión derivada de si la metodología tradicional de enseñanza es suficiente para satisfacerla.

34  
35 Habitualmente, el aprendizaje del CAD se basa en la enseñanza a través de unos ejercicios modelo que el  
36 instructor explica y el alumno replica en el mismo o un contexto análogo. Sin embargo, si se busca que el  
37 alumno integre aspectos como la transmisión de la intención de diseño, la posible reutilización de la pieza,  
38 los requerimientos específicos de diseño, el análisis funcional, etc. y sea capaz de analizar, evaluar y crear  
39 diseños en base a ellos, creemos que el enfoque didáctico debería ajustarse a estas necesidades. Más aun  
40 cuando los alumnos están en primer curso de ingeniería y estos conceptos les pueden resultar ajenos.

41  
42 Este es el motivo de realizar una propuesta de enseñanza-aprendizaje del CAD desde una perspectiva de la  
43 adquisición del conocimiento estratégico. Esta propuesta se centra en el modelado de piezas en CAD y  
44 explicita el proceso a seguir para considerar los aspectos fundamentales, más allá de obtener un modelo  
45 geoméricamente completo. Asimismo, se sustenta con un conjunto de estrategias didácticas que fomentan  
46 procesos cognitivos claves en el desarrollo del conocimiento estratégico.

## 47 48 49 **2.- TRABAJO RELACIONADO**

50 El ingeniero, cuando afronta el modelado de una pieza, necesita disponer de información específica asociada  
51 al diseño sobre el objeto a modelar. La interpretación y la transmisión de esta información marca la  
52 diferencia de la calidad de un modelo. Si las estrategias de modelado no se alinean con esta información, la  
53 utilidad del modelo se verá limitada a la corrección geométrica y difícilmente responderá a las  
54 modificaciones que puedan surgir en el proceso de diseño.

55  
56 Diversos autores han investigado sobre el proceso de modelado para que este considere la transmisión de la  
57 intención de diseño y han realizado diversas aportaciones para que se facilite su aprendizaje:

58  
59 En la investigación llevada a cabo por Hartman sobre la maestría de profesionales expertos en CAD [13], se  
60 observó que se podía identificar un proceso de modelado común que seguía la siguiente secuencia:

- 61 1. Seleccionar el plano del boceto
- 62 2. Dibujar el perfil en el boceto
- 63 3. Añadir restricciones/relaciones
- 64 4. Añadir dimensiones
- 65 5. Aplicar elementos característicos de forma
- 66 6. Repetir los pasos del 1 al 5 para añadir el resto de elementos característicos
- 67 7. Añadir elementos característicos de extracción de material (agujeros, cortes,...)
- 68 8. Añadir elementos característicos del final (redondeos, chaflanes,...)

69  
70 El mismo autor incide en que los expertos desarrollan una estrategia de modelado que captura la intención de  
71 diseño y que contempla la funcionalidad de la pieza modelada. A partir de esta premisa, diversos autores  
72 concuerdan en que entre las secuencias de elementos característicos para el modelado en CAD, existen  
73 secuencias más eficientes que recogen mejor la intención de diseño [14]–[17].

74  
75 Entre las diferentes metodologías de modelado, Camba et al. [18] analizan tres de las metodologías  
76 principales (*horizontal modeling*, *explicit reference modeling* y *resilient modeling*) en un experimento

77 realizado con alumnos. Además de evaluar las ventajas y desventajas de cada método, resaltan la importancia  
78 de metodologías formales para abordar la reusabilidad de modelos de CAD, la necesidad evidente de  
79 mecanismos prácticos para incorporar estas metodologías al proceso de aprendizaje e indican que la mayoría  
80 de prácticas didácticas no se enfocan lo suficiente en el conocimiento estratégico.

81  
82 Cheng y Ma [19] presentan el método “functional feature modeling” basado en el modelado de CAD a partir  
83 de elementos característicos funcionales. Esta propuesta requiere de un análisis funcional de la pieza a  
84 modelar para incorporar estos requerimientos en el modelado. Mandorli et al. [20] se basa en el  
85 entendimiento de la acotación funcional de la pieza para proponer un enfoque nuevo que transmita la  
86 intención de diseño de manera concisa a los modelos 3D.

87  
88 Rynne et al. [12] consideran que a diferencia de los usuarios expertos de CAD que son capaces de determinar  
89 la construcción estratégica de un modelo per se, los usuarios noveles deben centrarse en los pasos previos  
90 donde la construcción/deconstrucción mental del modelo toma importancia. A este respecto, propone un  
91 marco pedagógico que se centra en el conocimiento estratégico y que el aprendizaje del CAD debería  
92 considerar para ser efectivo.

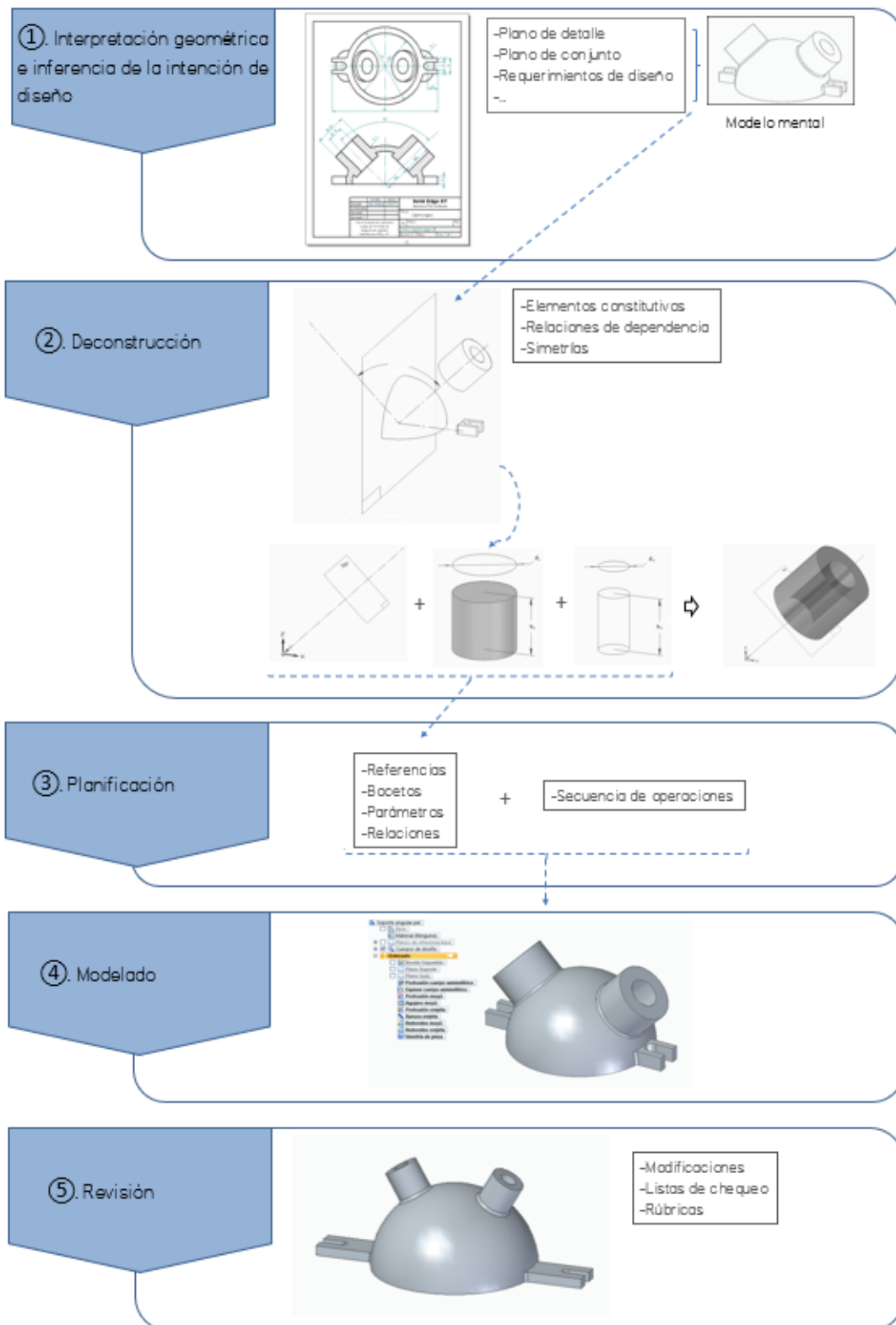
93  
94 Por tanto, al igual que diversos autores anteriormente citados, consideramos que se debe incluir el  
95 conocimiento estratégico como eje del aprendizaje de CAD. Existen multitud de condicionantes del proceso  
96 del modelado, que un experto puede considerar, de los que un usuario novel no es consciente. Este es el  
97 motivo de plantear el desarrollo de un procedimiento que facilite la adquisición del conocimiento estratégico  
98 que integre los procesos cognitivos que consideramos importantes en el modelado.

99  
100

### 101 **3.- PROCEDIMIENTO DE MODELADO**

102 El procedimiento propuesto se describe en las siguientes 5 etapas (Figura1):

- 103 1. Interpretación geométrica e inferencia de la intención de diseño
- 104 2. Deconstrucción
- 105 3. Planificación
- 106 4. Modelado
- 107 5. Revisión



108  
109

110 *Fig. 1. Procedimiento de modelado (versión simplificada).*

111  
112  
113

En la primera etapa se crea un modelo mental a partir de la interpretación de la información disponible. Esta información puede obtenerse de los planos de detalle de la pieza, la acotación, el conjunto del que forma

114 parte la pieza, las anotaciones de diseño, los requerimientos funcionales,... y sirve para inferir la intención de  
115 diseño.

116  
117 En la segunda etapa se descompone el modelo mental en elementos constitutivos, se establecen las relaciones  
118 de dependencia existentes entre ellos, considerando el comportamiento de estos elementos ante las posibles  
119 modificaciones. En esta etapa se consideran propiedades de patrón o simetría de la pieza.

120  
121 En la tercera etapa, se sintetizan los elementos constitutivos en la secuencia de operaciones a llevar a cabo.  
122 Se especifican las referencias, bocetos, parámetros y relaciones necesarias en las operaciones que definen a  
123 los elementos constitutivos. Se evalúan las estrategias de modelado que mejor transmitan la intención de  
124 diseño y se determina la secuencia de operaciones.

125  
126 En la cuarta etapa se modela según la secuencia de operaciones determinada en la etapa anterior,  
127 considerando las características específicas del software. En las operaciones se detallan las referencias,  
128 bocetos, parámetros y relaciones utilizadas para crear los elementos característicos. En esta etapa, se  
129 introduce la perspectiva del cliente del modelo al que hay que comunicar la intención de diseño. Las  
130 anotaciones, renombrar y ordenar las operaciones facilitan esta comunicación.

131  
132 La etapa final es la de revisión. Esta etapa se resalta específicamente debido a la incidencia que tiene en la  
133 reutilización y las modificaciones del modelo, aunque es una acción que se debe contemplar en todas las  
134 etapas anteriores. Las rúbricas o el uso de listas de chequeo son herramientas útiles en esta fase.

135  
136 Con este procedimiento se busca fomentar la reflexión, el análisis de las diferentes opciones y la evaluación  
137 y selección de las más eficientes para modelizar una pieza. El procedimiento ayuda a sistematizar las etapas  
138 por las que debe discurrir el alumno a la hora de afrontar el modelado, pero para que este procedimiento sea  
139 efectivo, consideramos que las estrategias pedagógicas que lo sustentan deben ser acordes al mismo.

140

141

## 142 **4.- IMPLEMENTACIÓN DIDÁCTICA**

143

144 El desarrollo del aprendizaje del CAD basado en el conocimiento estratégico requiere de un papel activo del  
145 alumno ya que implica procesos cognitivos de orden superior. La enseñanza del CAD, en cambio,  
146 habitualmente sigue un marco pedagógico tradicional donde el profesor transmite sus conocimientos a los  
147 alumnos a través de la resolución de ejercicios modelo y el alumno los replica en una casuística igual o  
148 similar. Por lo tanto, si se quiere promover un aprendizaje que fomente el conocimiento estratégico, creemos  
149 que las estrategias didácticas tienen que alinear con esta necesidad.

150

### 151 **4.1. Enfoque pedagógico**

152 El planteamiento del enfoque pedagógico que proponemos se basa en los principios del aprendizaje activo y  
153 se distingue con el enfoque tradicional en los siguientes aspectos:

154

- 155 • El alumno toma protagonismo en el proceso de aprendizaje. Realiza aprendizaje autónomo,  
156 analiza, comparte la información y toma decisiones al respecto. El alumno reflexiona sobre el  
157 proceso seguido para saber si ha alcanzado los objetivos de aprendizaje (incluidos los de diseño).
- 158 • El profesor toma el rol de tutor o asesor del proceso de aprendizaje y ayuda a que el alumno siga  
159 el procedimiento antes descrito.
- 160 • Los problemas son el origen y la motivación para que se dé el aprendizaje. Se seleccionan  
161 problemas concretos que reten y estimulen la adquisición de nuevos conocimientos.
- 162 • Se trabaja en grupos, donde se favorece el intercambio de opiniones y el conflicto cognitivo  
163 respecto a conocimientos adquiridos anteriormente. El grupo ayuda a que se tomen decisiones  
164 consensuadas.

165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189

## 4.2 Estrategias didácticas

Esta propuesta alternativa se complementa con el desarrollo de estrategias didácticas que le dan soporte para centrar el aprendizaje en el conocimiento estratégico. A continuación, se describen algunas de las estrategias utilizadas y cómo se integran con el uso del procedimiento por parte del alumno.

El aprendizaje a través de grupos reducidos de alumnos es una de las estrategias más importantes en el planteamiento. El trabajo en estos grupos favorece la discusión, la evaluación de alternativas y la toma de decisiones, además de la reflexión sobre el proceso de aprendizaje seguido. Por ejemplo, las etapas dos y tres del procedimiento (deconstrucción y planificación) se abordan individualmente, pero generalmente se busca que se contraste entre pares o que se trabaje en grupos pequeños posteriormente. Para que la forma de hacerlo sea efectiva, se utilizan técnicas de aprendizaje cooperativo, como puede ser la técnica 1-2-4, la técnica del puzle, etc. Los acuerdos obtenidos en estos grupos se pueden ampliar a toda la clase con una puesta en común.

La puesta en común o resolución de dudas es útil para ampliar el consenso y favorece que se conozca el razonamiento de las decisiones tomadas durante el proceso de modelado. Una forma de realizarlo es mediante la resolución pública del proceso de modelado. En ella, una pareja de alumnos argumenta las decisiones tomadas mientras modelan una pieza frente al resto de la clase. El resto de los alumnos participan cuestionando o sugiriendo alternativas de las opciones escogidas. Cuando el aprendizaje de CAD es en un curso de primero de ingeniería, la resolución de dudas ayuda con las etapas del procedimiento en las que los alumnos tienen que interpretar e inferir la intención de diseño con la información disponible, ya que la mayoría no disponen de los conocimientos necesarios para hacerlo.



190  
191

Fig 2. Esquema de las estrategias y herramienta didácticas utilizadas

192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199

Otra estrategia es la inclusión de roles y de diferentes perspectivas en el proceso de modelado. Entre otros, definimos un rol de planificador, uno de modelador y otro de revisor. El planificador completaría las tres primeras etapas del procedimiento, el modelador la cuarta y el revisor la última. Puede darse el caso de que un alumno, planifique el modelado de una pieza, tenga que comunicarle a otro alumno como se tendría que ejecutar, modele una pieza distinta y tenga que revisar otra pieza modelada por otro alumno. Los roles ayudan a que los alumnos integren los aspectos más importantes en cada etapa del procedimiento. Por

200 ejemplo, en la cuarta etapa que corresponde al modelado, se incluye la perspectiva del cliente (quién va a  
201 recibir el modelo) y los alumnos tienen que considerar cómo puede facilitar la comunicación de la intención  
202 de diseño.

203  
204 La utilización de rúbricas o listas de chequeo son otra herramienta que sirve para que los alumnos sean  
205 conscientes de aspectos que van a ser evaluados más allá de que el modelo sea geoméricamente correcto.  
206 Estas herramientas no son exclusivas de la última etapa del procedimiento (la revisión) y los alumnos pueden  
207 acceder a ellas para considerarlas durante todo el proceso.

208  
209 Además de los problemas habituales, como puede ser el modelado de una pieza a partir de un plano de  
210 detalle, se plantean problemas abiertos, poco definidos, en los que los alumnos tienen que dar una respuesta  
211 creativa y proponer un diseño. Estos problemas, fomentan el aprendizaje autónomo, en los que los tutoriales  
212 resultan de ayuda para obtener información de cómo ejecutar opciones concretas.

## 213 214 215 **5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

216  
217 Este trabajo es una continuación de las investigaciones previas llevadas a cabo en el Departamento de  
218 Expresión Gráfica y Proyecto de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa (EHU-UPV) en torno al  
219 aprendizaje del CAD. En este estudio se realizó un diseño experimental con una muestra de 138 estudiantes  
220 (75 en el grupo experimental y 63 en el de control). Los resultados que se mencionan a continuación se  
221 extraen del contraste experimental de una prueba de modelado de una pieza llevada a cabo por los grupos de  
222 investigación.

223  
224 Para evaluar los modelos obtenidos en esta prueba se consideran los siguientes indicadores más relevantes:

- 225
- 226 - El modelo es completo (M1): relativo a la exactitud geométrica del modelo. Se mide el número  
227 de errores geométricos en cada modelo (variable cuantitativa).
- 228 - El modelo es conciso (M2): el modelo no tiene operaciones o elementos geométricos  
229 redundantes que añadan complejidad innecesaria. Se mide el número de operaciones del modelo  
230 (variable cuantitativa).
- 231 - El modelo soporta modificaciones (M3): el modelo es sometido a cambios dimensionales sin  
232 perder su funcionalidad y geometría característica. Se mide si el modelo soporta los cambios  
233 requeridos (variable cualitativa dicotómica).

234 El análisis de las piezas entregadas por los alumnos, muestran que en el indicador M1 el número de errores  
235 geométricos del modelo en el grupo experimental se reducen de media a más de la mitad comparándolo con  
236 el grupo de control. Este indicador es estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ , prueba W Mann-Whitney) y  
237 muestra un tamaño del efecto grande de la propuesta didáctica (d de Cohen) (Tabla 1). En consonancia con  
238 este resultado, se observa que en el indicador M2, la diferencia del número de operaciones para elaborar el  
239 modelo, la desviación estándar en el grupo experimental es casi 3 veces menor, aun no siendo  
240 estadísticamente significativo. Estos resultados refuerzan la idea de que la reflexión sobre el proceso de  
241 modelado incide a la hora de disminuir los errores, así como para reducir la variabilidad y optimizar el  
242 número de operaciones a la hora de modelar.

243

Indicador	Grupo	Media	Desviación Estandar	Valor p	Tamaño del efecto
M1	Experimental	1,16	1,252	<0,001	Grande
	Control	2,476	1,635		
M2	Experimental	9,827	1,339	0,823	-
	Control	10,619	3,22		

244 *Tabla 1. Resumen de los indicadores Modelo completo (M1) y Modelo conciso (M2)*

245

246 El indicador M3 muestra el número de modelos que responden correctamente a las modificaciones  
 247 solicitadas y se observa una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental con  
 248 respecto a un planteamiento didáctico más tradicional y que el tamaño del efecto es grande (V de Cramer)  
 249 (Tabla 2). El resultado de este indicador va en línea con la idea de que el conocimiento estratégico involucra  
 250 procesos cognitivos, más allá de la planificación, como la predicción del comportamiento del modelo frente a  
 251 posibles modificaciones derivadas de las necesidades del proceso del diseño [8] e implica que la transmisión  
 252 de la intención de diseño es mejor.  
 253

Indicador	Grupo	No soporta los cambios	Soporta los cambios	Valor p (Chi-Cuadrada)	Tamaño del efecto
M3	Experimental	40%	60%	<0,001	Grande
	Control	82,8%	17,2%		

254 *Tabla 2. Resumen del indicador Modelo soporta cambios (M3)*

## 255 6.- CONCLUSIONES

257 En este trabajo se ha desarrollado una propuesta de enseñanza-aprendizaje en la que se detallan las etapas a  
 258 seguir en el proceso de modelado de una manera sencilla, esquemática y explícita. Este proceso facilita que  
 259 el alumno siga las etapas del modelado y que lo interiorice, con la repetición del mismo, durante la  
 260 resolución de los problemas de modelado que se le presentan. El hecho de que el proceso se base en el  
 261 conocimiento estratégico favorece que el conocimiento adquirido en el proceso sea transferible y no  
 262 dependiente de la plataforma de software que se utilice.  
 263

264 La propuesta, asistida por un conjunto de estrategias didácticas, sirve para reducir las secuencias de  
 265 modelado erráticas, dar coherencia y facilitar la comprensión de la secuencia de modelado, así como para  
 266 considerar y favorecer la transmisión de la intención del diseño durante el modelado. Lo resultados  
 267 experimentales avalan la afirmación anterior.  
 268

## 269 REFERENCIAS

- 270
- 271
- 272
- 273
- 274 [1] J. Rossignac, «Education-driven research in CAD», *Computer-Aided Design*, vol. 36, n.o 14, pp. 1461-1469, dic. 2004.
- 275 [2] N. S. Sapidis y M.-S. Kim, «Editorial to special issue: CAD education», *Computer-Aided Design*, vol. 36, n.o 14, pp. 1429-1430, dic. 2004.
- 276 [3] J.-C. Wu, «A Study of the learning models employed by industrial design students when learning to use 3D Computer-Aided Design (CAD) software», *the International Journal of Arts Education*, vol. 7, n.o 1, 2009.
- 277 [4] R. David, A. Frischknecht, C. G. Jensen, J. Blotter, y D. Maynes, «Contextual learning of CAx tools within a fundamental mechanical engineering curricula», en *the Proceedings of PACE Forum*, Provo, UT, 2006.
- 278 [5] X. Peng, P. McGary, M. Johnson, B. Yalvac, y E. Ozturk, «Assessing novice CAD model creation and alteration», *Computer-Aided Design and Applications*, PACE (2), pp. 9-19, 2012.
- 279 [6] S. K. Bhavnani y B. E. John, «Exploring the Unrealized Potential of Computer-aided Drafting», en *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, 1996, pp. 332-339.
- 280 [7] S. K. Bhavnani, B. E. John, y U. Flemming, «The Strategic Use of CAD: An Empirically Inspired, Theory-Based Course», en *Proceedings of CHI'99*, 1999, pp. 42-49.
- 281 [8] I. Chester, «3D-CAD: modern technology-outdated pedagogy?», *Design and Technology Education: an International Journal*, vol. 12, n.o 1, 2008.
- 282 [9] J. Otey, P. Company, M. Contero, y J. D. Camba, «Revisiting the design intent concept in the context of mechanical CAD education», *Computer-Aided Design and Applications*, vol. 15, n.o 1, pp. 47-60, ene. 2018.
- 283 [10] S. Barnes, E. N. Wiebe, y T. J. Branoff, «The effects of worked examples on CAD performance: an application of the four-component instructional design model to CAD instruction», en *American Society for Engineering Education*, 2011.
- 284 [11] B. R. Barbero, C. M. Pedrosa, y R. Z. Samperio, «Learning CAD at university through summaries of the rules of design intent», *Int J Technol Des Educ*, vol. 27, n.o 3, pp. 481-498, mar. 2016.
- 285 [12] A. Rynne, W. F. Gaughran, y N. Seery, «Defining the variables that contribute to developing 3D CAD modelling expertise», en *IDATER Online Conference*, 2010, p. 161.
- 286 [13] N. W. Hartman, «Defining Expertise in the Use of Constraint-based CAD Tools by Examining Practicing Professionals», *EDGJ*, vol. 69, n.o 1, jul. 2005.
- 287
- 288
- 289
- 290
- 291
- 292
- 293
- 294
- 295
- 296
- 297



298 [14] C. Allsop, «The development of three-dimensional Computer Aided Design (CAD) modelling strategies and an investigation into their impact on  
299 novice users», Loughborough University, Loughborough, UK, 2009.  
300 [15] P. Company, J. Camba, M. Contero, y J. Otey, «Explicit Communication of Geometric Design Intent in CAD: Evaluating Annotated Models in  
301 the Context of Reusability», 2014.  
302 [16] M. Hirz, W. Dietrich, A. Gfrerrer, y J. Lang, «Modeling Techniques in CAD», en Integrated Computer-Aided Design in Automotive Development,  
303 Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 241-308.  
304 [17] P. Company, M. Contero, J. Otey, y R. Plumed, «Approach for developing coordinated rubrics to convey quality criteria in MCAD training»,  
305 Computer-Aided Design, vol. 63, pp. 101-117, jun. 2015.  
306 [18] J. D. Camba, M. Contero, y P. Company, «Parametric CAD modeling: An analysis of strategies for design reusability», Computer-Aided  
307 Design, vol. 74, pp. 18-31, may 2016.  
308 [19] Z. Cheng y Y. Ma, «A functional feature modeling method», Advanced Engineering Informatics, vol. 33, pp. 1-15, ago. 2017.  
309 [20] F. Mandorli, H. E. Otto, y R. Raffaelli, «Explicit 3D functional dimensioning to support design intent representation and robust model alteration»,  
310 Computer-Aided Design and Applications, vol. 13, n.o 1, pp. 108-123, ene. 2016.  
311  
312  
313  
314  
315