Material didáctico sobre la Selección de Procesos de Fabricación: experiencia en el curso 2018/19

María Dolores Martínez-Rivero*[a] Pedro M. Hernández-Castellano[a],
Luis Suárez-García[a], Natalia Alemán Calcines[a], María Dolores Marrero-Alemán[a]
[a] Grupo de Innovación Educativa Ingeniería de Fabricación, ULPGC,
Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, ESPAÑA 35017

RESUMEN

En la pasada edición del InnoeducaTIC 2018 se presentó un material didáctico sobre la selección de procesos de fabricación que incluía una nueva metodología denominada *Manufacturing Process Selection Integrated in the Design Process*, de aplicación tanto académica como industrial. El material respondió a las carencias para seleccionar un proceso de fabricación que presentaban alumnos del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Tras la primera experiencia en el curso 2017/18 se replantearon aspectos de la actividad práctica asociada al material didáctico y se aplicó como trabajo de curso para todos sus alumnos matriculados en la asignatura Procesos Industriales del tercer curso del mencionado título. En este trabajo se expone un análisis de los resultados obtenidos en el curso 2018/19, así como las mejoras que se pretenden introducir para la aplicación futura de la actividad, con el objetivo de generar recursos adecuados para un mejor aprovechamiento del trabajo realizado por los alumnos para los siguientes cursos académicos.

Palabras Clave: Material didáctico, Conocimiento organizacional, ABP, Ingeniería de los Procesos Fabricación.

1. INTRODUCCIÓN

La selección de procesos de fabricación (*Manufacturing Process Selection*, MPS) es una actividad que tradicionalmente estaba reservada a personas con gran experiencia en la industria y, en muchas ocasiones, está condicionada por el conocimiento que estas personas dispongan. Actualmente, en el contexto de la Industria 4.0, se requiere de otras metodologías que permitan aprovechar los nuevos avances tecnológicos y realicen una mejor gestión del conocimiento generado en las organizaciones. En el pasado InnoEducaTIC 2018 se presentó un material didáctico sobre la selección de procesos de fabricación que incluía una metodología denominada *Manufacturing Process Selection Integrated in the Desing Process* (MPSIDP) surgida como evolución de metodologías y procesos de diseño (*Design Process*, DP) aceptados por la comunidad científica. Cuando se diseñó tanto este material como la actividad asociada a su aplicación, se estableció como objetivo que fuesen desarrolladas como acciones de innovación educativa. Esta es definida como *"[…] la facilitación o los intentos planificados y sistemáticos por los que los profesores incorporan nuevos temas, métodos, criterios de actuación y de reflexión sobre su práctica"* [1]. Estos nuevos, o significativamente mejorados (innovación incremental), temas, métodos, criterios y práctica son el resultado de la aplicación de la innovación en procesos, servicios o productos en el ámbito universitario y no es solo el cambio de la tecnología usada como se puede pensar [2,3]. Por ello, el material se había desarrollado como un paquete *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) para ser usado en plataformas *Learning Content Management System* (LCMS) tipo Moodle, ya que disponen de varias herramientas para conseguir un aprendizaje adaptativo. Además, este material didáctico se dispone como repositorio de la documentación generada a lo largo de los cursos por los alumnos mientras estos realizan la actividad de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), la cual les impulsaba a utilizar la metodología en la selección de procesos de fabricación en productos comerciales.

Anteriormente existía otra tipología de trabajo de curso que ya no cumplía los objetivos que se pretendían para la asignatura, además, frente a esta, la nueva actividad ha sido desarrollada de una forma más progresiva y continua que ha permitido una mejora sustancial en la implicación del estudiante y del control del trabajo por parte del profesorado.

*mariadolores.martinez@ulpgc.es; teléfono 928 451896; fax 928 451484; www.cfi.ulpgc.es

Como herramienta informática de apoyo a la metodología MPSIDP se uso el *Cambridge Engineering Selector* (CES) que se había adquirido por el Servicio de Biblioteca de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y que cuenta con una base de datos de procesos de fabricación y un pequeño módulo para la selección, aunque se trata de un selector de materiales no especializado en procesos de fabricación. Esto provocaba un uso erróneo suponiendo un problema en vez de una herramienta útil, punto donde interviene la metodología propuesta, ofreciendo un proceso sistematizado con información y recomendaciones de diseño complementarias.

De forma adicional, en el trabajo previo del InnoeducaTIC 2018 se expusieron los resultados de una primera experiencia piloto de la actividad de curso ABP llevada a cabo en el curso 2017/18 con un grupo reducido de alumnos de la asignatura *Procesos Industriales* de tercero del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos. Asimismo, tres alumnos de TFG de la misma titulación utilizaron la metodología en sus diseños. Tras esta experiencia inicial se ha aplicado el material didáctico y la actividad asociada como trabajo de curso en la misma asignatura de *Procesos Industriales* y para todos los matriculados en el 2018/19. En esta nueva publicación se exponen los resultados de la aplicación de esta nueva actividad de curso, ya que se realizó un test inicial sobre el contenido del material y un cuestionario de valoración del mismo al final de curso. Tras una serie de antecedentes expuestos en el próximo apartado y para poner en contexto los resultados del curso 2018/19, en el apartado 3 se realizará un resumen de los fundamentos del material. Tras esto se expondrán y analizarán los resultados a lo largo del apartado 4 y se finalizará con una serie de conclusiones y líneas de actuación futuras en el apartado 5.

2. METODOLOGÍA

Para influir en la forma en la que los alumnos realizan la selección del proceso de fabricación y para aumentar sus capacidades en este aspecto, se creó la metodología MPSIDP. Esta se basa en el proceso de diseño de Gero [4] (en azul celeste a la izq. en la Figura 1) pero introduce una serie de modificaciones en respuesta al contexto de la Industria 4.0 y a los problemas que presentan las metodologías de selección actuales. Pese a que el proceso completo de la metodología sigue unos fundamentos y diagrama de flujo más complejos que pueden ser consultados en otras publicaciones[5], la metodología se resume en las cinco etapas que se muestran en la Figura 1: (1) identificación de requisitos, (2) que se realiza con una Guía Diseño para la Fabricación y el Ensamblaje (*Desing for Manufacturing and Assembly*, DFMA) general, también llamadas etapas de *Formulación* y *Síntesis*; (3) uso del *CES EduPack* para la selección a partir de las variables de función, comportamiento y estructura (FBS) identificadas, termina con el *Análisis* y la *Evaluación* de los procesos candidatos; (4) creación o ampliación y uso de las Guías DFMA específicas, (5) e integración del proyecto en el Repositorio de Diseños. En caso de no obtener candidatos o no cumplirse las recomendaciones se realiza una reformulación las variables iniciales.

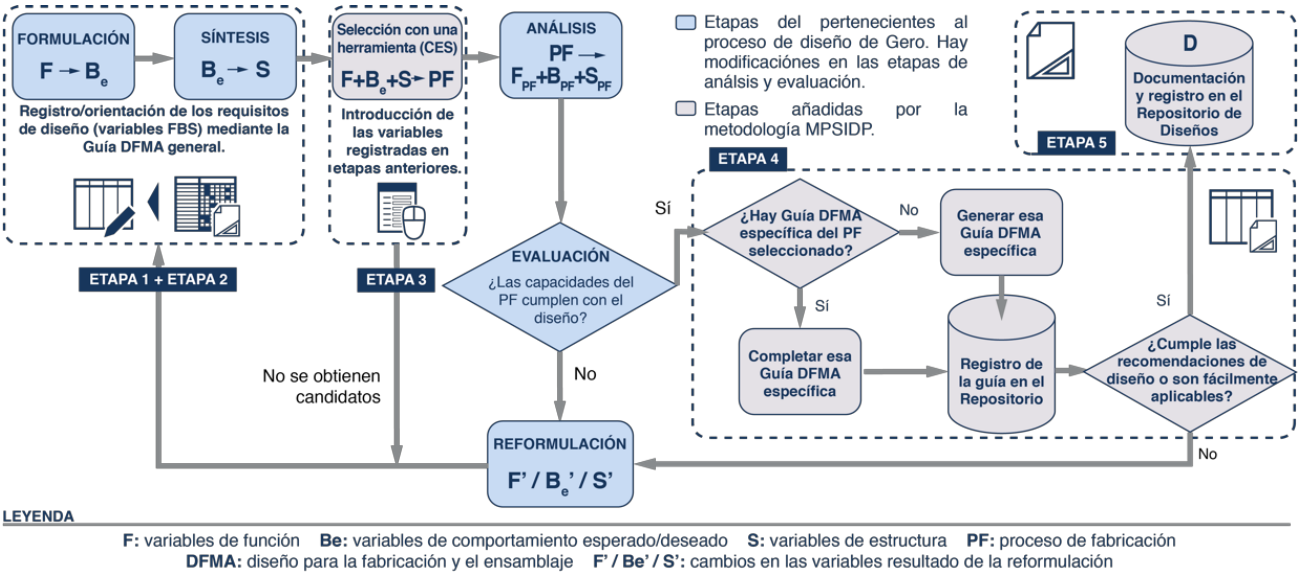


Figura 1. Modificaciones e introducciones por la metodología MPSIDP en el proceso de diseño de Gero (izq.) y metodología resumida en cinco etapas (dcha.).

ISBN 978-84-09-14325-2

Esta metodología se basa en la utilización de conocimiento y recursos generados por un grupo de personas según su experiencia. Estos son las Guías DFMA específicas (etapa 4) y los documentos del Repositorio de Diseño (etapa 5) que son creados, ampliados y mejorados por los alumnos. La metodología MPSIDP se basa en la Espiral de conocimiento [6]. Esta teoría se fundamenta en que el conocimiento obtenido de la experiencia (tácito), que es difícil de transmitir e individual, se transforme en un conocimiento exteriorizado (explícito) en forma de datos e información que se pueden transmitir fácilmente y ser compartidos por un gran grupo de personas, en este caso la universidad.

2.1 Antecedentes

En el ámbito académico, el origen del material didáctico y de la metodología MPSIDP se encuentran en la detección de carencias en el conocimiento del alumnado sobre una correcta selección de los procesos de fabricación, pese a que estos cursaban asignaturas sobre técnicas de fabricación como *Procesos Industriales* o *Tecnologías de Desarrollo de Productos*. Pero la metodología creada también responde a necesidades detectadas en el ámbito de la investigación y la industria, ya que, pese a la abundante investigación llevada a cabo desde la segunda mitad del siglo XX, esta ha sido más prolífica en el ámbito de la selección de materiales. En especial se observa una carencia en las metodologías para la selección preliminar de los procesos de fabricación: existen diversas soluciones para la selección de grupos de procesos concretos (fundición, mecanizado, forma casi neta, etc.) y para la planificación de los procesos. Además, tras el análisis de metodologías y software de selección existentes, se puso de manifiesto la necesidad de cambiar la perspectiva con la que se realiza la selección: el proceso de selección necesitaba su inclusión en un proceso de diseño (en este caso fue el de Gero) que considerara los parámetros de diseño relevantes para el proceso de fabricación y que integrase un método y guías de que pudieran evaluar las distintas opciones a un nivel preliminar. A parte de las experiencia académicas que se describen en esta ponencia y en la presentada en la anterior edición, se ha explorado el uso de la metodología en el ámbito industrial donde se ha detectado la necesidad de protocolos de almacenamiento de la experiencia en DFMA y su intercambio con otros agentes como empresas colaboradoras, diseñadores externos y clientes, donde una variante de la metodología tiene aplicación. Esta variante no será tratada en esta aplicación pero se puede consultar en publicaciones anteriores [5,7].

2.2 Estructura del material didáctico

De entre las metodologías existentes se decidió que el material didáctico y la actividad planteada se fundamentaría en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y en el uso de repositorios. Esta última herramienta facilitaba poder desarrollar la Espiral de conocimiento y el ABP hace al alumno responsable de su aprendizaje de una forma práctica, pudiendo trasladar su forma de proceder en ese proyecto a sus futuros desafíos. Esto permite que el alumno adquiera competencias genéricas y transversales de manera activa, lo que encaja dentro de marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) [8]. Experiencias del uso de este tipo de metodologías en el ámbito universitario se encuentran en repositorios de Buenas Prácticas de Innovación docente [9], como es el caso del artículo sobre las ventajas del uso del ABP en los estudios de ingeniería [10] y el uso de repositorios con recursos generados por los alumnos [11]. Cabe destacar que el uso de las denominadas Buenas Prácticas facilitan las innovaciones incrementales con el uso, la extensión y combinación de las mismas en otros contextos [12].

De entre los formatos disponibles, en un inicio se optó por el SCORM porque generaba contenidos educativos reutilizables y podía usarse en *Learning Content Management Systems* (LCMS), e.g. Moodle, y porque tienen recursos herramientas para el aprendizaje adaptativo [13]. Sin embargo, dado que no se usaron las funciones evaluadoras dentro del propio paquete (tests), se utilizó este año el HTML. Tras evaluar distingos softwares, se eligió el *eXeLearning* debido a que es un editor de contenidos interactivos libre de código abierto que puede ser usado sin necesidad de conocer programación y permite embeber el contenido generado con otras herramientas. En relación con el contenido y la estructura del material didáctico, antes de abordar la MPSIDP se realiza una breve introducción contexto sobre a la industria y la selección de procesos de fabricación. Las principales secciones son: (1) prólogo con una introducción, la explicación de la interactividad y las abreviaturas; (2) contexto industrial, profesional y en relación con el DFMA; (3) el problema de la selección; (4) metodologías existentes de MPS; (5) explicación de la metodología MPSIDP; (6) propuesta de la actividad ABP; (7) test de autoevaluación; (8) y referencias. En cuanto a los elementos interactivos presentes en el material para facilitar la exposición de los contenidos cabe destacar los siguientes: (1) ventanas emergentes con información ampliada, textual y en vídeo; (2) varios ejemplos gráficos en galería de imágenes; (3) lupa que permite aumentar ciertas partes de las imágenes; (4) descarga de archivos para la descargas de los formatos de la actividad ABP. La configuración de las páginas se realizó a partir de la edición del estilo base del *eXeLearning* para así realizar la creación de un estilo propio para el material didáctico. En la Figura 2 se pueden observar algunas imágenes correspondientes al material didáctico.

ISBN 978-84-09-14325-2

a. b. c.

Figura 2. (a) Apartado sobre la clasificación de procesos de fabricación en la sección 4; (b) ejemplo perteneciente a la sección 4 y (c) página que deriva a las distintas tablas que conforman la Guía DFMA general en la sección 5 .

3. RESULTADOS

Se describen a continuación los resultados obtenidos tras la primera experiencia del curso 2017/18 que motivó una modificación en la actividad. También se presentan los resultados obtenidos en la aplicación de la actividad modificada para el curso 2018/19 y se finaliza con el cuestionario de valoración de los alumnos durante esos dos cursos.

3.1 Primera experiencia

En la primera experiencia piloto del curso 2017/18 con un grupo experimental de 9 alumnos, se extrajeron una serie de puntos de mejora de la metodología. Para el curso siguiente se abordaron aquellos relacionados con las dificultades de aplicación por parte de los alumnos de la metodología y el *software* a la actividad solo mediante el estudio autónomo del material, la dificultad para la realización de las guías DFMA específicas y la copia (no uso como referencia) de los pocos ejemplos de casos de aplicación que existían en ese momento. Por ello, las principales modificaciones llevadas a cabo en la actividad de curso para el 2018/19, que se muestran en la Figura 3, fueron: (1) en vez de abordar el proyecto solo con la experiencia del estudio autónomo de material didáctico, los alumnos debían realizar un test y asistir a una clase teórica antes de empezar la primera entrega, así podían preguntar las dudas y se les indicaban los posibles errores que podrían cometer dada la experiencia del curso anterior; (2) se añadió una primera entrega que contenía el primer apartado del entregable 2 para que el equipo docente pudiera realizar las primeras orientaciones; (3) antes de utilizar el *software* CES en la fase 2 y 3 recibían una clase práctica sobre el mismo; (4) se mejoró la progresión de los entregables de forma que esta era más gradual ya que se pasaba de tratar 5 productos en la fase 1 a uno en la fase 3 que era elegido por el equipo docente persiguiendo la variedad de los procesos de fabricación y productos; (5) se propone una evaluación continua y formativa en la que se permite a los alumnos corregir los errores que han cometido a lo largo de las distintas entregas; (6) se llevaron a cabo tutorías grupales tanto durante la fase 2 como la fase 3 para dar indicaciones y señalar errores comunes de cara a la corrección en posteriores entregas. Asimismo, los alumnos trabajaron a partir de platillas facilitadas por el equipo docente para asegurar la homogeneidad y que tuvieran clara la estructura y el contenido solicitado.

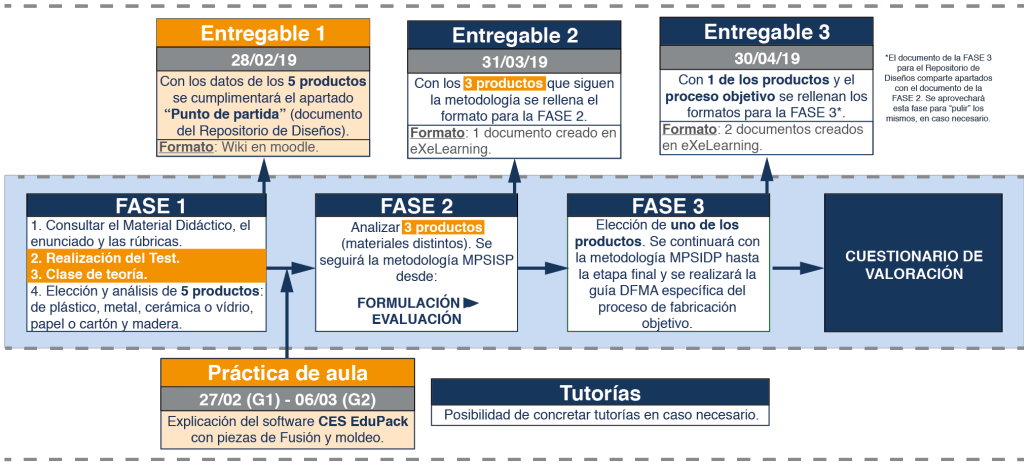


Figura 3. Actividad de curso del 2018/19. Las modificaciones con respecto al 2017/18 se señalan en color naranja.

ISBN 978-84-09-14325-2

3.2 Segunda experiencia

Una de las primeras actividades evaluables a la que se enfrentaron los alumnos fue a un test inicial (fase 1), de nueva inclusión en el 2018/19. Las preguntas incluidas en el mismo se agrupaban en tres bloques: un conjunto de preguntas generales sobre los contenidos teóricos, 4 casos prácticos de selección del proceso de fabricación aplicando la guía DFMA general y 6 casos de identificación de formas a partir de fotos. En cuanto a los resultados, ninguno de los alumnos suspendió este test, siendo la nota más obtenida el 6,87/10. Las respuestas más falladas, fueron sobre la clasificación de los procesos de fabricación y el tipo de variables que van en las gráficas de selección, y, tras estas, dos de los casos prácticos de selección de procesos. Dado este resultado, sería de interés mostrar a los alumnos en el material didáctico ejemplos de aplicación de la guía DFMA general en la forma en la que se hace en los casos del test. En relación a esas dos preguntas generales tan falladas, se ha visto que una reformulación de las mismas las haría más claras y evitaría la confusión. En cuanto a la identificación de las formas, otro punto crítico en el uso de la metodología y una de las principales fuentes de error, se valora positivamente que en 5 de los 6 casos, las repuestas correctas se encuentren por encima del 74%.

Como resultado final de la realización de la actividad de curso, cada alumno ha generado documentos de selección de procesos a aplicar en tres productos comerciales (repositorio de diseños de la segunda fase, Figura 4-a) y de uso orientado de la metodología para obtener el proceso que realmente se ha usado en uno de los productos (repositorio de la fase 3, Figura 4-b). Estos documentos servirán como guías para los alumnos de posteriores cursos, siempre y cuándo tengan una actitud crítica con los resultados, lo cuál es imperativo por el número de trabajos y tipologías diferentes de productos, no como los ejemplos de los que disponían este curso, que estaban limitados y generaba ese efecto “copia”. Por otro lado, se han generado un total de 64 guías DFMA específicas de 23 procesos de fabricación distintos que serán la base de las que utilizarán los alumnos del próximo curso, que las mejorarán y ampliarán, para que el proceso de la espiral de conocimiento siga en posteriores cursos académicos (Figura 4-c). Estas guías les permiten aplicar la información sobre los procesos de fabricación de una forma sintetizada (datos de variables y recomendaciones de diseño) que proviene de la extracción de textos y manuales. De hecho, el 65% de los alumnos valoraron como adecuado o muy adecuado la creación y el uso de las guías específicas para aplicar las recomendaciones de diseño en la fase 3 frente a la información ”en bruto”, como quedó reflejado en el cuestionario de valoración que se trata en el siguiente apartado. En cuanto a las clasificaciones obtenidas en la actividad, se puede considerar que ha sido una buena experiencia ya que el número de trabajos aprobados ha sido del 84,74%, de los cuales un 5% han sido sobresalientes y el 50,84% notables.

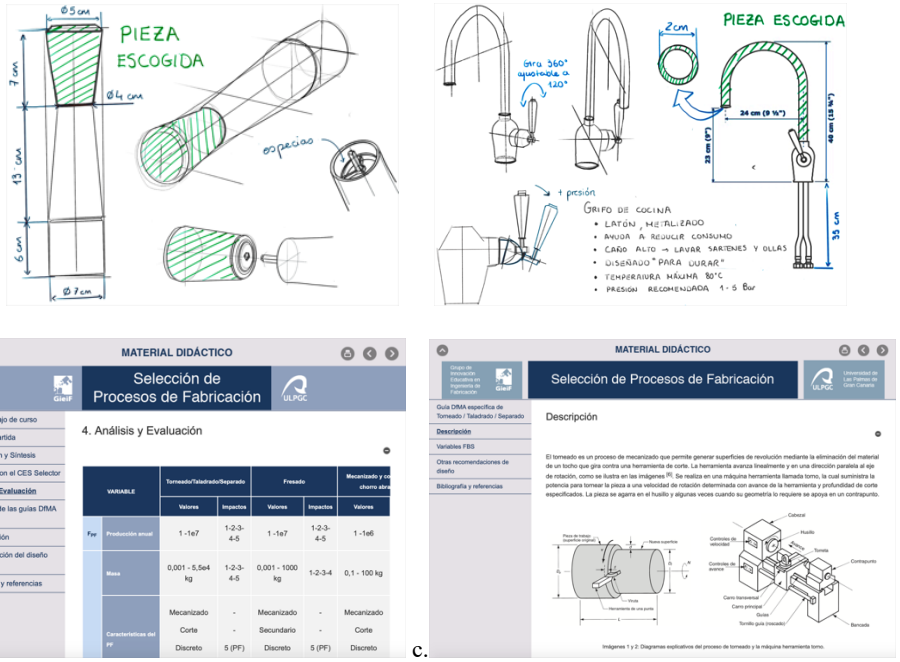


Figura 4. (a) Croquis de 2 de los 3 productos pertenecientes a un documento del repositorio de diseños de la fase 2, (b) imagen parcial de la fase 3 de ese alumno y (c) apartado de descripción perteneciente a la guía DFMA específica de torneado del producto de la izquierda de la imagen a.

ISBN 978-84-09-14325-2

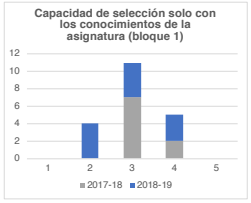
3.3 Cuestionario de valoración de los alumnos

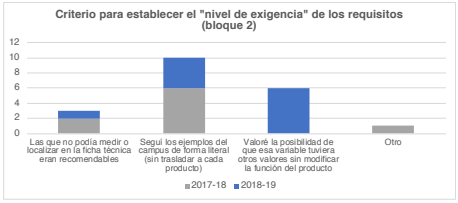
A diferencia del test inicial, no se solicitó a los alumnos del 2018/19 que se identificasen para favorecer que expresasen su opinión libremente, sin embargo, esto provocó que la participación relativamente baja. En cuanto a su estructura, contaba con 37 preguntas, en su mayoría en escala Likert de 5 niveles, que se agruparon en 9 bloques: (1) actuación del alumno si no hubiese tenido la metodología MPSIDP sino solo el CES, (2) cuestiones concretas que se habían detectado durante la aplicación de la actividad; (3) su contribución al aprendizaje de los procesos de fabricación; (4) valoración del diseño y los recursos multimedia; (5) funcionalidad; (6) facilidad de uso e interactividad; (7) calidad de contenidos y eficacia; (8) portabilidad y fiabilidad en distintas plataformas de reproducción; (9) y consideraciones y valoraciones finales. A continuación, se tratarán aquellos resultados más relevantes, la mayor parte de los mismos serán comparados con las respuestas dadas por el grupo piloto de 9 alumnos del curso 2017/18.

Uno de los aspectos que llama la atención es que se ha invertido la tendencia de las respuestas entre el curso 2017/18 al 2018/19 sobre si hubieran usado valores únicos o rangos para realizar la selección sin la orientación de la guía DFMA, la cual propone rangos para evitar restringir candidatos: se ha reducido de un 77,2% a un 45,5% de alumnos que hubiesen utilizado valores únicos. Esto supone un aspecto positivo ya que seguramente se han visto influenciados por los contenidos vistos durante la actividad. De los que afirmaron que habrían utilizado rangos, algunos sí habrían consultado la bibliografía y productos similares, pero el resto hubiera establecido los límites según sus propios criterios. El problema de esta última opción es que implica que el alumno tenga una cierta experiencia en procesos de fabricación para evitar errores, con la que aún no cuentan al inicio de la asignatura. Este cuestionario también refleja que los alumnos hubiesen restringido los procesos candidatos innecesariamente si no hubiesen tenido la metodología MPSIDP mediante otras dos vías. Por un lado, el hecho de que hubiesen elegido el candidato propuesto por el CES en caso de ser el único (18 de los 20 alumnos consultados) sin analizar ni evaluar el mismo ni aplicar recomendaciones de diseño (etapas 3 y 4, Figura 1). Por otro lado, ellos mismos se muestran indecisos o poco de acuerdo de si podrían seleccionar procesos adecuados solo con los contenidos tradicionales de la asignatura (en la Figura 5-a se muestran niveles medios de acuerdo y han aumentado los bajos).

En el segundo bloque de preguntas, se les plantearon dos cuestiones para comprobar si los procesos de fabricación obtenidos a lo largo de las distintas fases de la actividad de curso coincidían. En el caso del 65% de los alumnos, el proceso objetivo en la fase 3 (la final) coincidía con alguno de los procesos que ellos consideraron viables en la fase 1 (antes de la selección), pese a no tener experiencia previa en procesos de fabricación. Esto puede ser debido a que casi el 33% de los productos elegidos para la fase final eran fabricados por inyección de plásticos, que suele ser un proceso ampliamente conocido y utilizado, además de que la muestra considerada es pequeña. En el caso de la coincidencia del proceso objetivo de la fase 3 y los candidatos obtenidos de la fase 2, el 36,4% de los alumnos no obtuvo coincidencia. Este hecho concuerda con lo observado por el profesorado durante la corrección de la fase 2. En esa corrección, del total de la clase, en el 46,8% no existía dicha coincidencia entre fase 2 y 3. Esto se debe, fundamentalmente, a la falta de procesos de fabricación en el catálogo del CES (lo que produce que se ofrezcan como candidatos procesos no viables) y a los errores en la identificación de variables como la rugosidad y tolerancia por parte del alumnado en la fase 1 (Figura 1). Estos errores ya se habían producido durante la experiencia del 2017/18, pero en este curso, debido a la variedad de productos alcanzada, se magnificó.

Otra de las causas que propició la obtención de procesos erróneos, fue que los alumnos repitieron la tedendecia de "copiar de forma literal" los ejemplos del material didáctico o del curso 2017/18, como ya a sido comentado para el curso piloto. Cabe destacar que el procentaje de alumnos que realizó esta práctica disminuyó con respecto al curso anterior (Figura 5-b), ya que se hizo incapié sobre esta situación en el aula. Sin embargo, 4 de los 11 alumnos del 2018/19 siguen copiando en apartados como el "nivel de exigencia" de las variables y 8 de 11 reconocen haber "copiado" en otros apartados. Pese a esto, la apreciación que tienen los alumnos de la metodología en cuanto a su contribución al aprendizaje es positiva ya que la mayoría de respuestas se encuentran entre el nivel 3 y 5 (Figura 5-c).

a. 

b. 

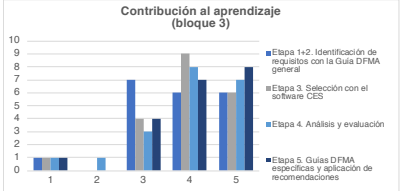
c. 

Figura 5. Gráficas con las respuestas a una selección de las preguntas del bloque 1 (a), 2 (b) y 3 (c).

ISBN 978-84-09-14325-2

En la Figura 6 se muestran las respuestas pertenecientes a los bloques 4, 5, 6 y 7. La tendencia seguida entre los dos cursos ha sido similar, por ello, las gráficas se muestran de forma agregada. Cabe resaltar es que la claridad de las explicaciones no es tan valorada como el resto de aspectos de ese bloque (Figura 6-c), aunque luego el grado de asimilación lo sitúan a mayores niveles. Cabe señalar que la apreciación de la necesidad de tener la clase teórica inicial de presentación del material y la actividad, que permite aclarar conceptos y dudas, ha bajado: en el curso piloto 2017/18 su impartición se consideraba adecuada (22,2%) o muy adecuada (77,8%) y en el curso 2017/18 un 45,4% situó su necesidad en niveles 2 y 3 de 5. Esto puede ser debido a que el grupo de 2017/18, al no tener dicha clase la echase en falta, mientras que los del 2018/19 no. En cuanto a las prácticas con el *software* CES y las tutorías grupales entre fases en el 2018/19, los alumnos valoraron más las tutorías que las clases, tanto teórica como prácticas: un 45,5% frente a un 18,2% y 27,3% de los alumnos, respectivamente, que respondieron con un 5/5.

En cuanto a las plataformas utilizadas para la visualización del material, la mayoría de los alumnos emplearon el ordenador de forma exclusiva (el 65%) y solo 5 de los alumnos tuvieron problemas puntuales de visualización. Sin embargo, los problemas en el uso del *eXeLearning* que causaron más dificultades fueron los relacionados con la exportación de las entregas por parte de los alumnos que se realizaban con el mismo *software* y plantillas que el propio material. Por este motivo, el equipo docente se plantea el uso de otras plataformas para la creación de las plantillas de las entregas.

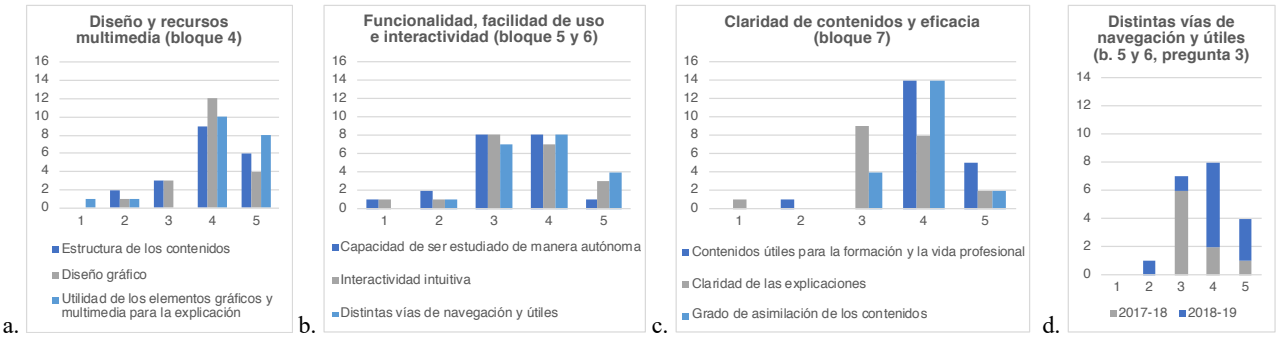


Figura 6. Preguntas correspondientes a los siguientes bloques: (a) diseño y recursos multimedia, (b) funcionalidad y el de facilidad de uso e interactividad, (c) claridad de contenidos y eficacia, (d) además de las respuestas de la pregunta 6.6.

Dos aspectos finales que los alumnos tuvieron que considerar con respecto al desarrollo de la actividad (bloque 9 del cuestionario) fueron la valoración general del material didáctico y de la metodología y el tiempo dedicado a las distintas fases de la actividad. En relación al primer punto, la mayoría de los alumnos valoraron con un 4 de 5 (70%), tanto el material didáctico como la metodología. Con respecto al tiempo empleado por los alumnos, el promedio de las respuestas muestra un aumento de 10h del grupo del 2018/19 con respecto al grupo piloto del 2017/18, que era de 29h, lo cuál es lógico al haber añadido una entrega, aunque se haya reducido la confusión inicial con la clase impartida. Asimismo, este año, se ha consultado el tiempo dedicado a cada una de las fases y, de promedio, el de la fase 1 han sido de 10h mientras que el de las fases 2 y 3 de 14h.

En el tramo final de este noveno bloque, se les presentaron dos campos para que redactasen los aspectos positivos y negativos detectados. Los puntos positivos mencionados se pueden agrupar en: (1) se trata de una actividad práctica que permite asimilar mejor lo aprendido en la teoría y mediante el análisis de productos reales, (2) destacan su estructura y facilidad de navegación, principalmente señalado por los alumnos del 2018/19, ver en la Figura 6-d, y (5) valoran el hecho de que se ofrezca un proceso guiado y estructurado para determinar las variables de diseño y seleccionar el proceso de fabricación. En contraste, los negativos expresados son: (1) por parte de los alumnos del 2017/18, la falta de facilidad de navegación, ver en la Figura 6-d; (2) la confusión inicial que expresaron los alumnos del 2017/18 por el uso autónomo del material didáctico y que se redujo en la actividad del curso 2018/19; (3) el uso de definiciones técnicas y de conceptos desconocidos pero que no preguntaron durante las clases teóricas y prácticas, aún así se han recogido para próximos años; y (4) la necesidad de añadir más ejemplos complejos que utilicen de apoyo, pero deben emplearse de forma que se evita la “copia literal” de los mismos.

ISBN 978-84-09-14325-2

4. CONCLUSIONES

Como se infiere de los resultados y observaciones durante el desarrollo de la actividad, la modificación de la misma la ha convertido en más gradual y continua. Esto junto con el apoyo docente en las clases teóricas, prácticas y tutorías, a disminuido la confusión inicial y ha generado unos buenos resultados en los trabajos realizados. Además, los alumnos son conscientes del interés que tiene este tipo de contenidos para su posterior vida académica y profesional y no se ven seguros de realizar la selección del proceso de fabricación solo con los conocimientos tradicionales de la asignatura.

Sin embargo, pese a que en su momento se decidió contar con *software* CES por tener una licencia del mismo y porque no se contaba con suficientes guías DFMA específicas creadas por los alumnos para comenzar la espiral de conocimiento (al ser el primer año), la cantidad de fallos cometidos por los alumnos debido a la falta de actitud crítica y el nuevo material generado este año hace que sea de interés modificar la actividad. Esta modificación se plantea como un formato invertido de la actividad desarrollada en este curso. Es decir, comenzarán con la mejora y ampliación de alguna de las guías creadas este año para ser expertos en ese proceso de fabricación y realizar el proceso de selección para una serie de productos. Finalmente, llevarán a cabo el rediseño de un producto comercial para orientarlo mediante la metodología a un proceso distinto al usando por su fabricante. De esta manera se espera que los alumnos aprovechen mejor la experiencia y puedan iniciar la espiral aumentado y mejorando la información generada por los alumnos en las guías DFMA específicas.

Con todo ello se considera que la introducción de esta actividad apoyada en un material didáctico mejorado, ha supuesto un mejora notable en los resultados de aprendizaje alcanzados de la mayoría de los estudiantes matriculados en la asignatura Se considera que esta metodología todavía mantiene un amplio potencial de desarrollo futuro por lo que se ha decidido mantener su aplicación y análisis en los próximos cursos académicos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Díaz, L.A., and Entonado, F.B., [El docente de educación virtual, guía básica: Incluye orientaciones y ejemplos del uso educativo de Moodle] , Narcea Ediciones (2012).
[2] Sein-Echaluce, M.L., Fidalgo-Blanco, Á., and Alves, G., "Technology behaviors in education innovation," Computers in Human Behavior 72, 596–598 (2017).
[3] UPM, [IEA 6: Componentes de la innovación educativa. El símil de la silla] (2013).
[4] Gero, J.S., and Kannengiesser, U., "The situated function–behaviour–structure framework," Design Studies 25(4), 373–391 (2004).
[5] Hernández-Castellano, P.M., Martínez-Rivero, M.D., Marrero-Alemán, M.D., and Suárez-García, L., "Manufacturing Process Selection Integrated in the Design Process," in Proc. Twelfth Int. Symp. Tools Methods Compet. Eng. XXVIII (2018).
[6] Takeuchi, H., "The new dynamism of the knowledge-creating company," Knowledge Economy 1, 1–10 (2006).
[7] Hernández-Castellano, P.M., Martínez-Rivero, M.D., Marrero-Alemán, M.D., and Suárez-García, L., "Manufacturing Process Selection Integrated in the Desing Process: University and Industry.," presented at 8th Manufacturing Engineering Society International Conference (MESIC 2019), 2019.
[8] Buck Institute for Education, "What is PBL? Project Based Learning," 2018, <https://www.bie.org/about/what_pbl> (23 October 2018).
[9] Fidalgo, A., "Repositorio de Buenas Prácticas de Innovación Educativa," in Innov. Educ. (2014).
[10] Artal Sevil, J.S., and Artacho Terrer, J.M., "El Problema Reto en Ingeniería. Herramienta Activa de Enseñanza-Aprendizaje," presented at CINAIC 2013. II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, 6 November 2013, Madrid, ES.
[11] Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M.L., García-Peñalvo, F.J., and Pinilla-Martínez, J., "BRACO: Buscador de Recursos Académicos Colaborativos" (2015).
[12] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, and Consejo Escolar del Estado, "Sobre el concepto de 'Buena Práctica.'"
[13] Fernández-Pampillón Cesteros, A., [Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet] , in Las Plataformas Aprendiz. Mito Real., 45–73 (2009).

 ISBN 978-84-09-14325-2