

Modelo de enseñanza de sistemas CAD en ambientes de diseño y desarrollo de productos

ANDRÉS J. CHICA, JUAN A. GARCÍAⁱ, JOSÉ L. GRANADOSⁱⁱ,
JUAN G. HOYOS, OSCAR H. ZAMORA.

UNIVERSIDAD EAFIT

RESUMEN/RESUME

El sistema educativo ha servido como soporte para la industria a nivel local e internacional, donde las empresas de diferentes sectores se ven beneficiadas por la formación académica de sus empleados. Sin embargo, en tiempos donde la velocidad de respuesta ha cambiado, donde cada vez los tiempos de entrega son más reducidos y se hace necesario estar innovando constantemente, es necesario que los modelos educativos actuales se ajusten a las exigencias que el mismo entorno laboral demanda. Es por esto que no basta con que un profesional del diseño de productos conozca herramientas creativas como el dibujo y modelado 3D, es necesario que desde el momento mismo en que se están aprendiendo, se asimilen desde un enfoque aplicado, es decir, desde un ambiente de diseño y desarrollo de productos. A continuación se expone un modelo de enseñanza que involucra el diseño asistido por computador (CAD) aplicado a ambientes de creatividad e innovación en el campo de la ingeniería.

Education system has served as support for local and international industry, where companies from different clusters are benefited from the skills of its employees. However, in times where the response speed has changed, where lead times are becoming more narrow and is totally necessary to be constantly innovating, is also necessary that the current educational models fit to work environment claim. This is why it is not enough that a product design professional know about drawing and 3D modeling tools (CAD). It is necessary that from the moment they are learning these tools, these are understood with an applied approach, ie, from a design and product development discipline. Then we will discuss about one teaching model that involve computer-aided design (CAD) applied to design environments and product development in the field of engineering.

Palabras Clave: Modelación 3D, Ingeniería, Diseño, Producto, Enseñanza.

Keywords: 3D Modeling, Product, Design, Engineering, Teaching.

1 INTRODUCCIÓN

En el pregrado de Ingeniería de Diseño de producto de la Universidad EAFIT, las asignaturas basadas en procesos CAD (Computer Aided Design) han estado en constante renovación docente y metodológica desde su creación hace ya 12 años. Estos cambios se han encaminado hacia la formación de profesionales con un fuerte enfoque conceptual y metodológico que les permita asumir posiciones más estratégicas frente a los proyectos de diseño y mayor versatilidad para adaptarse a cualquier sistema CAD que encuentren en la industria.

En cuanto a la disciplina del Ingeniero Diseñador de Productos, ésta plantea comúnmente un proceso de diseño y desarrollo de productos que involucra siete etapas que van desde la planeación de un producto hasta el inicio de su producción y soporte al consumidor como se observa en la Fig.1 basado en los planteamientos de Ulrich & Eppinger (Ulrich, et al., 1995 p. 9). Para esto el diseñador, la “mente” creativa detrás del proceso de diseño, tiene a su disposición un sinnúmero de herramientas que le permiten facilitar su labor y realizar la síntesis de manera que se puedan disminuir los tiempos de desarrollo sin sacrificar la calidad y desempeño del producto.

Una de estas herramientas son los sistemas CAD, los cuales son un soporte fundamental dentro del proceso, gracias a la pluralidad de funciones que satisfacen en diferentes etapas del desarrollo de un producto, ya que pueden colaborar al inicio del proceso con la creación de un *render* hasta la elaboración de planos para la producción del mismo. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas CAD fue paulatino y se desarrollaron a medida que la in-

dustria los requería; como ejemplo exponemos algunos productos en 3 categorías: AutoCAD® o Anvil son plataformas CAD, Autodesk® Inventor™ y SolidWorks son plataformas MCAD (Mechanical Computer Aided Design) y finalmente Pro/ENGINEER®, CREO™ Elements/Pro¹ y CATIA® son plataformas ICAD (Industrial Computer Aided Design), cada uno de éstos productos con diferentes opciones, las cuales sólo se ven limitadas por la capacidad del diseñador para usarlas y por el respaldo dado por el sistema educativo, ya sea interno, brindado por la misma casa matriz; o externo, el cual es ofrecido por universidades usuarias de dichas ayudas.

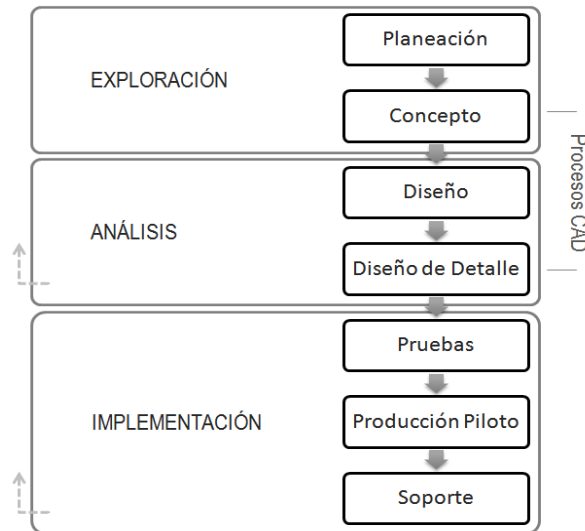


Fig.1. Proceso de diseño y desarrollo de productos (Ulrich, et al., 1995 p. 9).

2 MODELO DE ENSEÑANZA EN DIFERENTES INSTITUCIONES

En la enseñanza de software de modelación se utilizan diferentes métodos que van desde la enseñanza de cada herramienta o comando disponible, hasta la elaboración de casos aplicados. Se han identificado tres métodos de enseñanza: (a) *enseñanza directa de herramientas*, (b) *manejo de casos particulares* y (c) *manejo de casos reales complejos o simplificados*.

(a) *Enseñanza directa de herramientas*. Ha sido tradicionalmente la más utilizada y requiere sólo de las condiciones necesarias para explicar una herramienta específica de un software. Como ejemplo se establece la creación de un patrón lineal en el software Inventor. Para explicar esta herramienta se parte de una geometría que no hace referencia a ningún producto, es una geometría que cuenta con las condiciones iniciales para crear operación. (Ver Fig. 2)

5. Right-click, choose Continue to set the selection focus from Features to Direction1, and then click the straight edge, as shown in Figure 5.32. Use the Flip Direction button to ensure that direction arrow is pointing toward the round end of the part.
6. Set the count to 4 and the spacing length to 10 mm
7. Click the red arrow button under Direction2 to set it active, and then click the straight edge along the bottom, as shown in Figure 5.32.
8. Set the count to 5 and the spacing length to 10 mm
9. Click the Midplane check box in the Direction2 settings to ensure that you get two instances of the pattern to each side of the original.
10. Click OK.

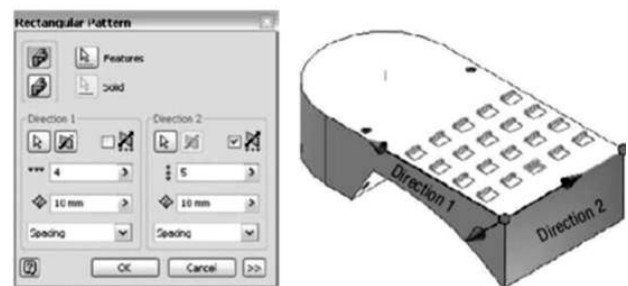


Fig. 2. Explicación de una herramienta de aplicación pattern.²

¹ CREO™ es un nuevo enfoque de software de CAD 3D, anunciado en octubre de 2010 por PTC (Corporation, Parametric Technology, 2011).

² Imagen tomada de Libro de Wagespack, Curtis (Wagespack, 2009 p. 23)

(b) *Enseñanza mediante casos particulares.* Es la más utilizada actualmente por la mayoría de fabricantes de software. Como una motivación extra para el aprendiz del software aparece la modelación en su totalidad de un producto virtual. Este producto es el pretexto para crear un caso de modelación y enseñar una serie de herramientas del programa. En el siguiente caso de la Fig. 3 se observa la modelación de un auto de fórmula 1 desarrollado por estudiantes para un concurso, que el fabricante de Rhinoceros convirtió en caso de estudio de aprendizaje de modelado en dos niveles, enseñando herramientas de creación y edición de curvas y superficies como también de uso de imágenes para el calcado. El auto de fórmula es el pretexto esta vez para la enseñanza de un conjunto variado de herramientas del programa y a la vez es un caso simplificado de un caso real de diseño de producto.

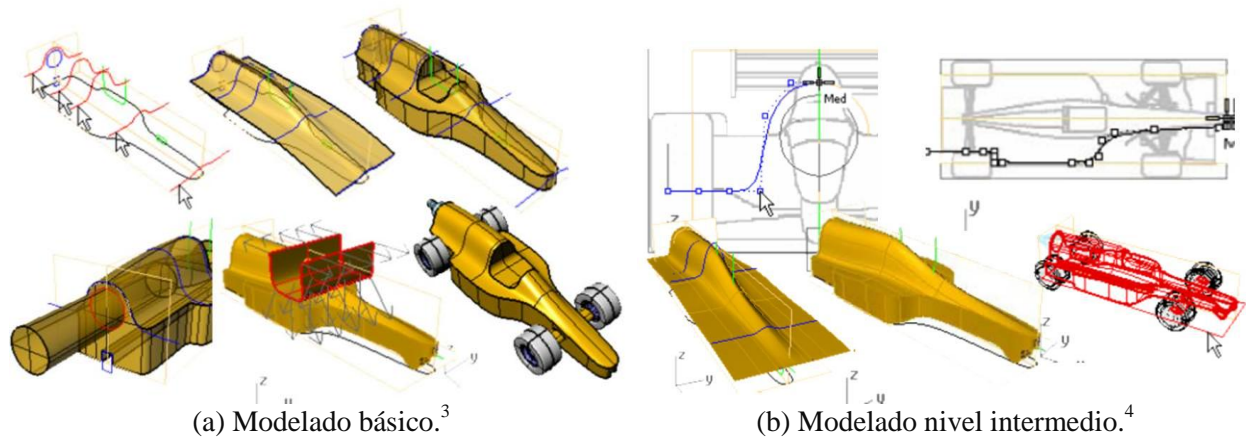


Fig. 3. Caso de modelación de un auto de fórmula 1.

(c) *Enseñanza de casos complejos.* Es utilizada por fabricantes de software pero es más común verla en empresas independientes dedicadas a la enseñanza y en instituciones de formación tecnológica y profesional. En el siguiente caso se utiliza el robot APU (Armoured Personnel Unit) de la película Matrix como pretexto para efectuar el modelado, el 'rigging'⁵ y la animación del modelo. El curso es elaborado por la empresa 3D-Palace. Este es un caso grande porque mediante éste se están explicando entre un 50 y 60% de las operaciones del programa, solucionando un problema real de necesidad de producto. En la Fig. 4 y Fig. 5, se aprecian algunas imágenes del curso.

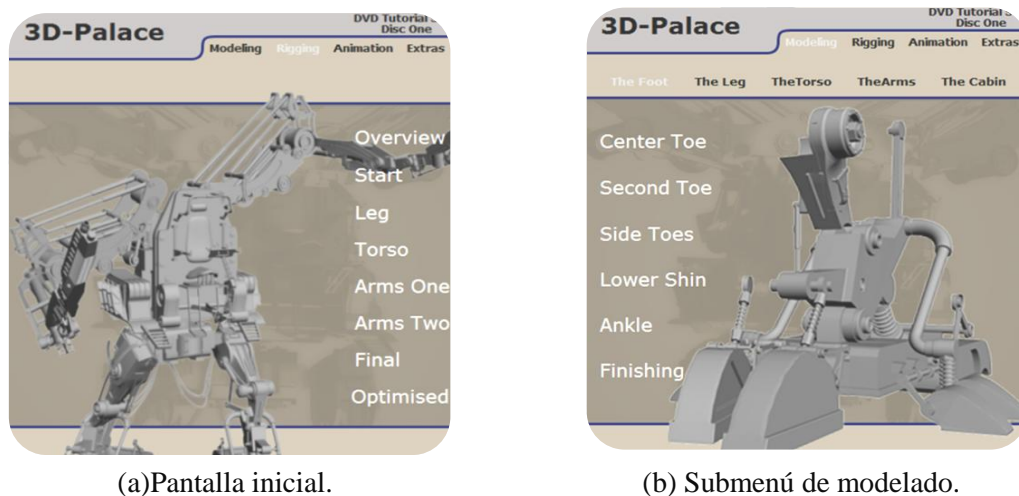


Fig. 4. Imágenes del curso de modelado y animación de la empresa 3D Palace.

³ Imágenes tomadas de tutorial gratuito en línea de Rhinoceros Copyright © 2005. (Robert McNeel & Associates)

⁴ Ídem.

⁵ 'Rigging' es un estructura de esqueleto de un modelo 3D para manejar su movimiento con el fin de facilitar la animación.

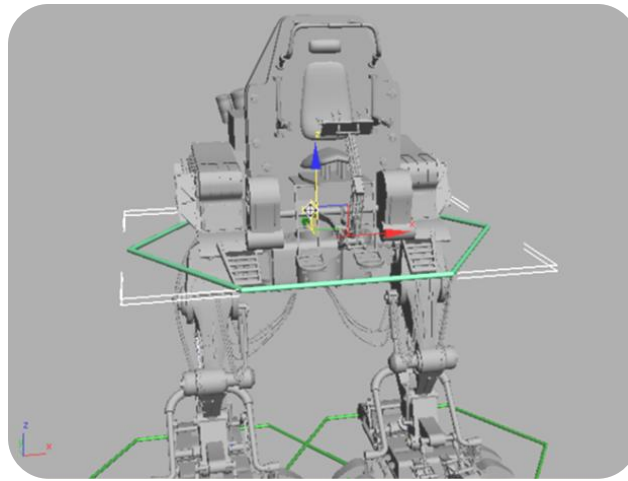


Fig. 5. Imagen del curso de rigging.

Expuestos los tres tipos de enseñanza identificados, al relacionarse con la academia en las diferentes instituciones de nivel tecnológico y profesional, está la decisión de cómo integrar las prestaciones del software a las diferentes metas y actividades de formación. Después de revisar varios métodos para el aprendizaje de CAD usados por diferentes instituciones a nivel nacional e internacional, se pueden encontrar niveles de relación entre la enseñanza del manejo de un software y la aplicación de éste a casos prácticos y a la solución de problemas de ingeniería. A continuación se mencionan algunos casos con la intención de hacer un análisis. Este análisis se hace desde la información consultada de los programas académicos de las instituciones que aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla síntesis instituciones.

Institución	País	Programa Educativo	Software Utilizado	Semestre	Aplicado en otros cursos académicos	Integrado con otros cursos	Cant de asignaturas CAD, MCAD o ICAD
Universidad San Buenaventura	Colombia	Diseño Industrial	AutoCAD, Rhinoceros	5 y 6	n/a	No	2
Instituto Técnico metropolitano (ITM)	Colombia	Ingeniería en Diseño Industrial	Pro/ENGINEER	4, 5	Si	n/a	2
Universidad Pontificia Bolivariana (UPB)	Colombia	Diseño Industrial	AutoCAD, Solid Edge, Rhinoceros	4, 5 y 6	n/a	n/a	3
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)	Colombia	Tecnología en Diseño de Mobiliario	AutoCAD, Inventor, 3DMax	2 y 3	Si	Si	no aplica
Escuela Nacional de Ingenieros de Metz	Francia	Ciclo de formación inicial en Ingeniería	CATIA	2	Si	Si	no se identifica
Purdue University	USA	Interaction Design	SolidWorks, GenerativeComponent, Rhino GrassHopper	n/a	Si	Si	no se identifica
Universidad EAFIT	Colombia	Ingeniería de Diseño de Producto	CREO Elements/Pro	2, 4	Si	Si	2

De la anterior síntesis se obtienen datos que hablan de la forma en que las diferentes instituciones abordan la enseñanza de algún tipo de software de modelación 3D. Se identifica que las instituciones en Medellín esperan en promedio hasta el cuarto semestre de formación para enseñar un software de modelación 3D, con la excepción del SENA, porque la duración de su programa es de dos años, y en la Universidad EAFIT, por razones que se exponen en capítulos siguientes. La información obtenida desde las instituciones en algunos casos no fue suficiente para hacer un diagnóstico acerca de la integración del software CAD a los demás cursos y proyectos. Se identifican, dependiendo de la institución, diferentes grados de conexión entre la enseñanza del software CAD y el resto de asignaturas, comparando los temas y contenidos que se ven en el mismo tiempo de aprendizaje. La forma co-

mo se formula el plan de estudios da una idea de la interrelación que tienen los temas del programa académico. De esta manera se puede concluir que algunas instituciones relacionan y hacen más eficiente y efectivo el trabajo del estudiante durante cada semestre.

3 MODELO DE ENSEÑANZA "DON'T TEACH CAD"

En la Universidad EAFIT, en el departamento de Ingeniería de Diseño de Producto (IDP), se está materializando una clara transformación cuando se trata de enseñar CAD. "Do you speak CAD?" es el cuestionamiento de abordaje. Y "Don't teach CAD" es la filosofía para este fin. Aunque contradictorias, ambas son las bases fundamentales de las asignaturas Modelación 3D básica y avanzada en la Universidad EAFIT.

¿Por qué no enseñar CAD? Porque desafortunadamente cuando se trata de aprender este lenguaje, la curva de aprendizaje se ve notoriamente afectada si se descuida la metodología fundamental de la educación para el desarrollo de productos al prestar más atención en clase al manejo de un software CAD, desviando así el enfoque fundamental de los cursos basados en este lenguaje para el desarrollo de productos.

Esta filosofía "Don't teach CAD" actualmente es una realidad debido a que las universidades están encontrando cada vez más herramientas interactivas y plataformas online que dan apoyo al proceso de aprendizaje continuo de los programas académicos fuera del salón de clase. Por tanto, la evolución del 'E-Learning' ahora ofrece la conveniencia de tomar la ventaja de la formación a distancia, aunque es difícil obtener los resultados esperados fuera de la base del entrenamiento que la clase magistral proporciona. Sin embargo, la formación presencial en vivo sigue siendo el método más eficaz de la formación, sin duda.

Claramente, la formación más eficaz incorpora un enfoque de aprendizaje combinado: aula junto con métodos de aprendizaje electrónicos. Pero, a menudo, el tiempo necesario para producir contenidos de aprendizaje en línea para los estudiantes es muy largo. Si unimos esto a la necesidad de revisar un plan de estudios de acuerdo con la enseñanza CAD (ver Fig. 6), se convierte en una actividad que consume mucho tiempo. Para reducir este tiempo, la Universidad EAFIT cuenta con una plataforma diseñada por PTC®, los desarrolladores de CREO™ (Corporation, Parametric Technology, 2011), que permite configurar los 'E-Learning' para los cursos de modelación 3D básica y avanzada.

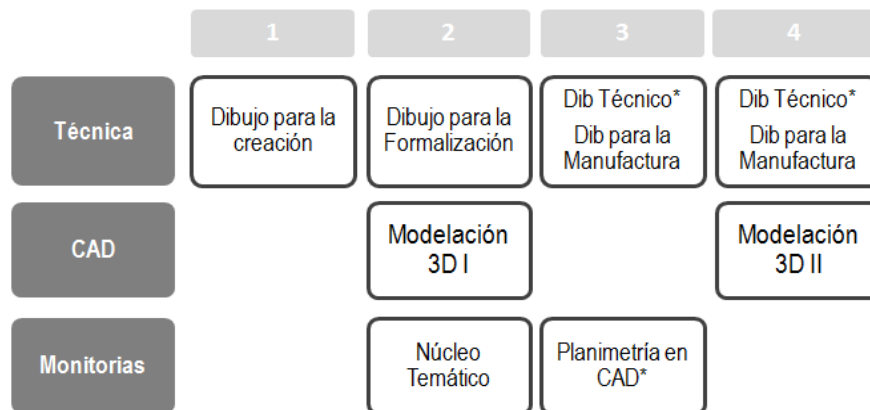


Fig. 6. Plan de Estudios línea de modelación. Ingeniería de Diseño de Producto.⁶

Con esta plataforma es posible entonces enfocar las clases magistrales hacia la comprensión de los conceptos fundamentales de las fases del diseño que involucran conocimientos en lenguaje CAD (ver Fig.1), como (a) *desarrollo de conceptos*, (b) *el diseño a nivel sistema* y (c) *el diseño de detalles*, fases que se enmarcan en una etapa de Síntesis y Análisis de un proceso genérico de productos (Ulrich, et al., 1995 p. 14), además centrar la atención en el desarrollo de productos.

⁶ *Asignaturas ofrecidas por el Dpto. de Ingeniería Mecánica

En la Ingeniería, el 92% del proceso creativo y de diseño se basa en las graficas y el dibujo. El 8% restante se divide entre las matemáticas y la comunicación escrita y verbal. (Correa Velez, 2009 p. 32)

Crear en un ambiente CAD será entonces el objeto principal en las fases de Concepto y Diseño, como se expone en la anterior cita, convirtiendo el dibujo y los sketches en herramientas fundamentales en los procesos de diseño en ingeniería y en modelos de ingeniería virtuales en 3D para un posterior desarrollo de ingeniería del producto en una fase adyacente de diseño de detalle.

Finalmente, para lograr los objetivos de las asignaturas basadas en CAD, el cuerpo docente de modelación 3D fundamenta y plantea una matriz metodológica que parte del cuestionamiento sobre el lenguaje CAD bajo los siguientes conceptos integrados que se muestran en la Fig. 7: (a) 'Background' Alcance de la herramienta CAD y sus avances en el desarrollo de estructuras tridimensionales, el saber sobre el uso de la aplicación; (b) 'Inside' Entender y analizar cada uno de los 'Features' Características o entidades que gobiernan un sistema CAD; (c) 'Thinking' Desarrollar las estructuras de modelado con el uso de comandos que parten de las entidades para establecer una forma requerida según las especificaciones.

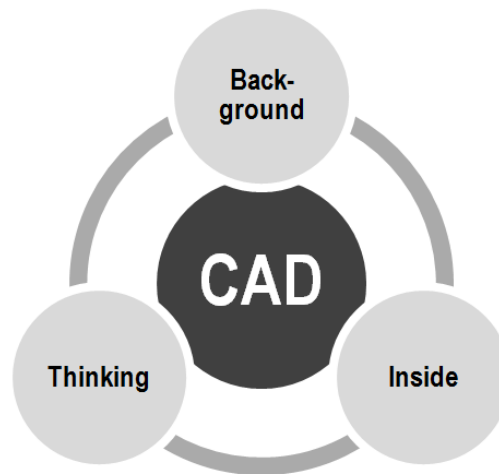


Fig. 7. Matriz metodológica para el cuestionamiento del lenguaje CAD.

4 CASO DE ESTUDIO: MODELACIÓN 3D 1 Y 2 PARA INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

En el pregrado de IDP de la Universidad EAFIT, la línea de dibujo asistido por computador comienza en segundo semestre con la asignatura Modelación 3D 1, cuyo principal enfoque es el de potencializar la creatividad y el uso de herramientas CAD como herramienta fundamental para el proceso de diseño. Posteriormente, una vez los estudiantes han asimilado los conceptos básicos, Modelación 3D 2 presenta un enfoque más metodológico, pretendiendo desarrollar la capacidad para estructurar productos de arquitectura compleja y abarcar la generación de ideas y conceptos sin dejar de lado el manejo de herramientas avanzadas para la formalización de productos en un entorno CAD (Ver Fig. 6).

Este programa está apoyado en una estructura docente calificada, amplias salas de computo con accesibilidad completa para los estudiantes, espacios de monitoria y herramientas como la plataforma de formación EAFIT Interactiva⁷ que propenden la interacción por fuera de los espacios de clase, la publicación, documentación y fortalecimiento de conceptos mediante tutoriales y videos ilustrativos, además de servir como medio de comunicación constante alumno-docente y como un espacio para la formulación y recepción de evaluaciones y proyectos, desligando así el aprendizaje de las aulas físicas y llevándolo a un entorno virtual.

⁷ EAFIT Interactiva es la plataforma de formación de la Universidad EAFIT de Colombia. Se enmarca en una propuesta pedagógica centrada en el estudiante. El alumno se concibe como una persona activa y emprendedora, y el profesor actúa como persona que estimula, orienta y facilita el aprendizaje de sus alumnos. La enseñanza que tiene lugar en un campus universitario interactivo, prescinde de espacios físicos como las aulas, esto permite que docentes y estudiantes puedan encontrarse "virtualmente". (Universidad EAFIT, 2011)

4.1 Modelo general de las asignaturas

El modelo general de los cursos Modelación 3D 1 y 2 se fundamenta en la filosofía "Don't teach CAD" previamente mencionada.

Con esta se pretende promover en los estudiantes la interacción y apropiación del software CAD a partir de iniciativas propias de diseño, las cuales generan necesidades particulares de estructuración y formalización que pueden ser resueltas con las diferentes estrategias y herramientas. Esta filosofía promueve un aprendizaje al ritmo y necesidades propias de cada estudiante, donde el aula de clase se convierte en un espacio de socialización y apoyo, y se aparta de la concepción tradicional de "Mecanización de comandos". Por tal motivo las materias se dividen en 2 etapas durante el semestre académico: fundamentación y aplicación.

4.2 Etapas de aprendizaje en Modelación 3D 1

La etapa de fundamentación tiene como objetivo principal enfrentar al estudiante con la herramienta CAD, es decir, enseñar los requerimientos para la creación de las formas prismáticas básicas, como son extrusiones, revoluciones y barridos, entre otros, para que éstas sirvan de base en la aplicación de comandos de edición y posteriormente se puedan materializar en partes complejas y ensambles. Una vez el estudiante haya finalizado esta etapa y tenga la capacidad de distinguir las posibilidades de cada comando, se inicia la aplicación de dichos conocimientos en un espacio de análisis de productos existentes, utilizando herramientas y técnicas para el diseño de producto: (a) *analizar*, (b) *imaginar* y (c) *crear*, resumen las etapas de aprendizaje durante el proceso de aplicación. (Ver Fig. 8).

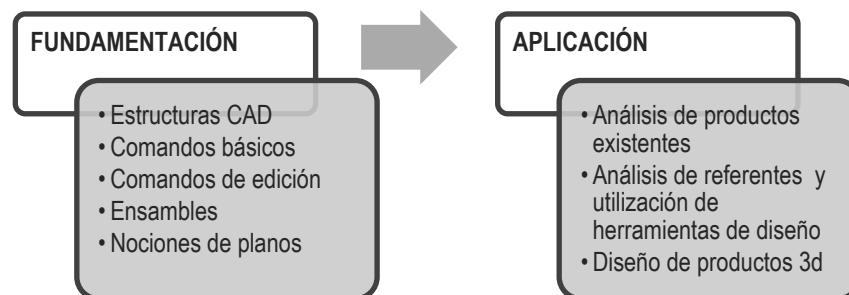


Fig. 8. Fundamentación y aplicación asignatura Modelación 3D 1.

(a) *Analizar*. El objetivo de esta etapa es estudiar la forma en la que los productos existentes fueron concebidos, para determinar relaciones entre entidades y posibles referencias que se puedan utilizar en cada comando para iniciar el proceso de parametrización de los mismos. Este proceso se realiza inicialmente de forma conceptual y posteriormente de forma gráfica, mediante fotografías y elementos más lúdicos. En la Tabla 2 se muestra un segmento de diferentes aspectos que se evalúan dentro de un producto como son la secuencia de entidades a realizar, para qué se utilizan cada una, en qué plano se realizan esbozos, las referencias que los mismos requieren, y finalmente, si esa parte tiene alguna interacción con el usuario. Esta última es muy importante ya que se quiere que los estudiantes piensen en los posibles cambios que su producto va a tener y las potenciales estrategias para modelar, de tal forma que esos cambios no involucren largas horas de modificación. (Ver Fig. 9)

Tabla 2. Árbol de modelo del producto de la Fig. 9.

Orden	Operación	Descripción	Plano de Sketch	Referencias de Sketch/Feature	Interacción con el usuario
1	Revolve	Cuerpo Ppal.	Right	Default	Min
2	Cut Revolve	Estrías	Right	Front, Base revolve 1	Min
3	Shell	Espesor pared	N/A	Cara superior, revolve 1	Min

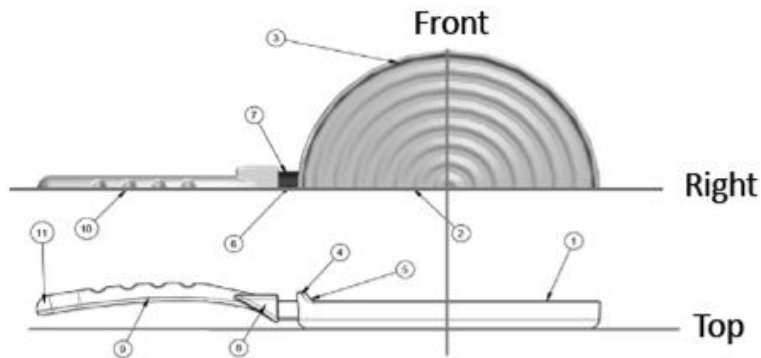


Fig. 9. Caso Partes de un producto

(b) *Imaginar*. El objetivo de esta etapa es el potencializar la imaginación de los estudiantes mediante la formalización de productos a partir de la función que desempeñan. Esta etapa de la metodología está basada en la experiencia indirecta adquirida en el taller «Green product sthrough a multi-coloured approach» realizado en Bélgica en febrero de 2010. Aunque aún no se cuentan con resultados concretos, se busca iniciar el proceso de conceptualización de un producto haciendo énfasis en lo funcional.

(d) *Crear*. La etapa de crear busca condensar las experiencias de las etapas previas mediante el diseño de un producto, utilizando técnicas de formalización y aplicándolas a un concepto que se desarrolle en detalle a través de cada una de las partes y el ensamble de estas. Se busca fusionar el diseño de productos con el desarrollo CAD del mismo, para dar una introducción al estudiante de las etapas posteriores a lo largo de su educación profesional.



Fig. 10. Herramientas para la Formalización.

4.3 Etapas de aprendizaje en Modelación 3D 2

Por su parte, Modelación 3D 2 complementa las herramientas para la formalización de la Fig. 10, con la concepción de superficies no prismáticas (tanto en entornos libres como paramétricos) que abren las fronteras de aplicación del sistema CAD en un entorno creativo, al mismo tiempo de herramientas básicas de ingeniería como sistemas de ensamble y planimetría. Adicionalmente, se inicia un proceso formativo con la concientización de las posibilidades de los sistemas CAD para apoyar los procesos de creación, planeación y materialización de los proyectos de diseño, mediante la creación de ambientes que promueven el trabajo colaborativo, la estructuración y la corporificación de productos como se observa en la Fig. 11.

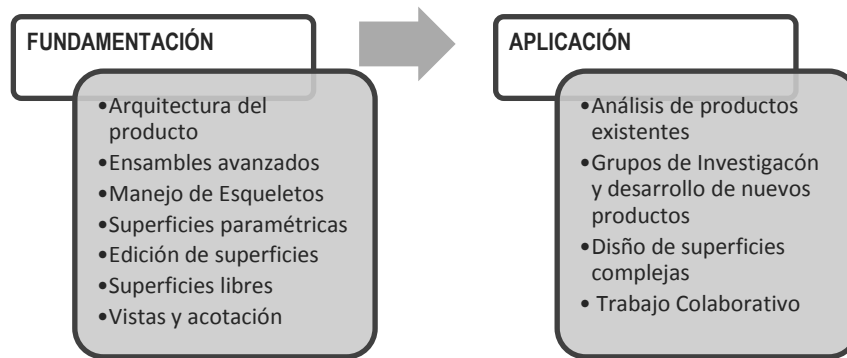


Fig. 11. Fundamentación y Aplicación, asignatura Modelación 3D II.

El eje central de la asignatura es la metodología "Top-Down Design" o "Diseño Descendente" donde el objetivo es formular una estructura global de información donde se definen las principales variables del diseño y los roles del equipo de trabajo, incluso antes de comenzar siquiera a modelar. Esta metodología contiene otros conceptos anexos que se estudian también dentro del pregrado (ver Fig. 12) en otras asignaturas.

Con esta metodología se pretende que los estudiantes comprendan la modelación como parte integral del proceso de diseño y desarrollo, y no tan solo como punto final o de transición hacia los procesos productivos; que modelar va más allá del simple conocimiento de todos los comandos y posibilidades de un software CAD, modelar es el uso de ese software CAD para traducir una "intención de diseño" previamente concebida en las etapas conceptual y de exploración, objetivo que puede lograrse a través de diferentes estrategias que son asimiladas con los casos planteados en clase y en los laboratorios semanales.



Fig. 12. Conceptos adyacentes a la metodología "Top-Down Design".

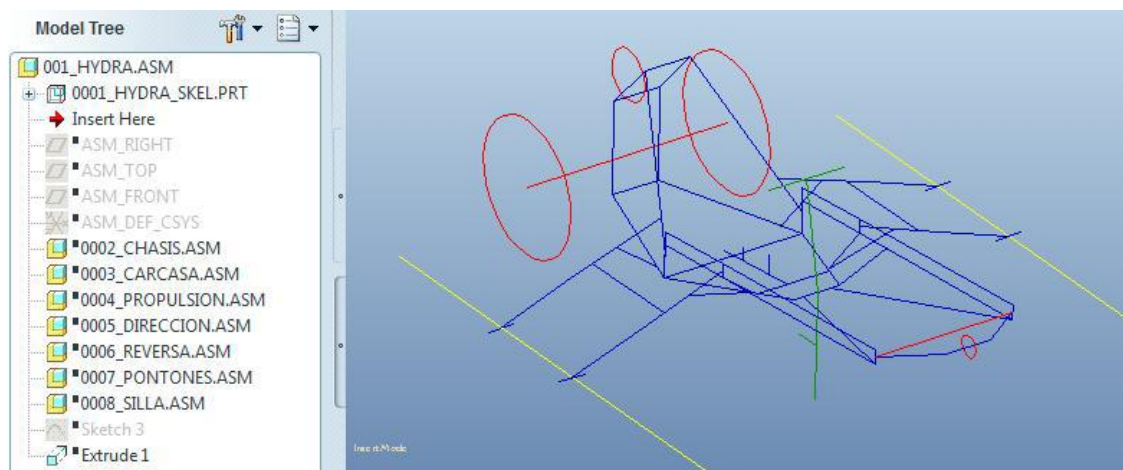


Fig. 13. Hidromóvil esqueleto utilizando la metodología "Top-Down Design"⁸

La fundamentación en el uso de superficies (tanto libres como paramétricas), planimetría y ensamble; tiene como finalidad el dotar a los estudiantes de nuevas herramientas para la formalización de sus propuestas de diseño. Su manejo se transmite a través de casos prácticos que se desarrollan en conjunto durante las clases presenciales, pero que posteriormente tendrán que aplicarse en proyectos específicos.

Esta metodología se ha implementado con buenos resultados en proyectos académicos de algunos estudiantes (Ver Fig. 13), pero todavía no hay una conciencia general de la importancia y beneficios que ésta puede brindar como aproximación al diseño.

La mayor dificultad para la implementación de esta metodología ha sido que las demás asignaturas a lo largo de la carrera no conocen de la posibilidad de aplicación de estos conceptos, por lo que finalmente termina convirtiéndose en un ejercicio interesante que no trasciende más allá del semestre académico.

Por otro lado, aún no se cuenta con una plataforma PDM⁹ que brinde plena funcionalidad al entorno "Top-Down Design" y permita el trabajo colaborativo o simultáneo en equipos de trabajo sobre los mismos archivos, por lo que las ventajas de la metodología no se evidencian en su mayor expresión.

5 CONCLUSIONES

Hemos presentado un modelo de enseñanza de un lenguaje CAD que asiste en el proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos a estudiantes junior de Ingeniería de Diseño de Producto (IDP), modelo que apunta a la creación de nuevos servicios y/o productos con alto contenido en investigación, desarrollo e innovación en el contexto donde el cambio de paradigmas en la innovación es una constante en la mente de los diseñadores "Innovating Innovation" (Chesbrough, 2005 p. ix)

Dicho proceso es aplicado en un ciclo de ocho proyectos académicos dentro del programa de IDP de la Universidad EAFIT. En el campo del Diseño Asistido por Computador (CAD), estudiado en este documento, identificar los modelos de enseñanza ayuda a que la formación CAD deje de ser una isla de casos hipotéticos, para convertirse en una herramienta que comienza a ser utilizada con convicción por parte de los estudiantes.

El paradigma del método de aprendizaje de sistemas CAD, a través de la repetición de comandos, es una variable incidente que poco a poco se ha ido supliendo con actividades lúdicas donde se enseña a los estudiantes a pensar en 3D más que a repetir comandos, adquiriendo de esta forma las bases necesarias para poder migrar de software en software, de acuerdo con las exigencias que su vida profesional les presente. Sin embargo la única forma de verificar si realmente el método funciona será a través de los semestres en los que los mismos estudiantes serán responsables de su propia formación y aplicación de los sistemas CAD en diferentes áreas del saber.

⁸ Proyecto académico en la asignatura Proyecto5 (2010-1) perteneciente al grupo de Juan Camilo Loaiza, estudiante de Ingeniería de Diseño de Producto. Proyecto 5 2009-1. Elaborado en Pro/ENGINEER® WILDFIRE 5.

⁹ *Product Data Management* (PDM) es el uso de software u otras herramientas para el seguimiento y control de datos relacionados con un producto en particular.

Las asignaturas de modelación 3D, por tanto, han procurado por una permanente evaluación del enfoque y temas de enseñanza, reemplazando el aprendizaje mecánico por una visión conceptual y estratégica de los sistemas CAD. Además se ha procurado realizar una mayor integración con las demás asignaturas para que los estudiantes evidencien la eficacia de estas metodologías aplicadas a sus proyectos académicos e industriales. Pero los resultados esperados se verán cuando exista una conciencia global a nivel pregrado de estas herramientas metodológicas y que se exijan como parte del alcance de las asignaturas y proyectos.

No obstante, durante este cambio global de las herramientas metodológicas, el método basado en el concepto "Don't teach CAD" es entonces el pilar aplicado al proceso de aprendizaje de un nuevo lenguaje denominado "CAD" en ambientes de diseño en la Universidad EAFIT.

Do you speak CAD? Yes, we do!

Este pilar mencionado, sumado al cuestionamiento sobre el lenguaje CAD bajo los conceptos integrados de "Background, Inside and Thinking", (ver Fig. 7) aproxima la metodología actualmente empleada a un utópico de enseñanza que enfatiza y se desarrolla dentro del proceso de corporificación (embodiment) entre las etapas (2) *Analizar* y (3) *Implementar* (ver Fig.1) del proceso de diseño y desarrollo de productos, donde se idealiza concebir un producto desde el sketch a mano alzada hacia la geometría esbozada como esqueleto en un modelo 3D bajo el concepto "Top-Down Design" (ver Fig. 12). Como resultado, el caso expuesto en este documento en la Fig. 13 refleja el éxito parcial de la metodología, en donde estudiantes junior de IDP, conciben estructuras complejas de producto a través de metodologías de Diseño Descendente e Ingeniería Colaborativa.

Agradecimientos. Los autores agradecen al Dr. Ricardo Mejía Gutiérrez, coordinador del grupo de investigación en Ingeniería de Diseño de Producto (GRID) de la Universidad EAFIT, por sus revisiones y consejos útiles en la elaboración de este documento. Los autores también agradecen al Ing. Carlos Arturo Rodríguez, profesor del Dpto. de Ingeniería de Producción de la Universidad EAFIT por su apoyo técnico e información acerca evento *Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011)*. Además de la aprobación y apoyo para la participación al mismo.

REFERENCIAS

- Robert McNeel & Associates. Rhino CO2 Racecar Tutorial. [Online]
<http://download.rhino3d.com/Rhino/3.0/rh30racecar/>.
- Chesbrough, Henry. 2005. *Open Innovation, The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston : Harvard Business School Press, 2005.
- Corporation, Parametric Technology. 2011. Precision LMS - Datasheet - PTC University. [Online] 2011. www.ptc.com.
- . 2011. PTC - Creo - Design Software - CAD - Creo Elements. *PTC - Creo - Design Software - CAD - Creo Elements*. [Online] Parametric Technology Corporation, 2011. <http://creo.ptc.com>.
- Correa Velez, Santiago, [ed.]. 2009. *El Libro Azul, Apuntes de ingeniería y diseño*. Medellín : Artes y Letras, 2009. pp. 31-42.
- Ulrich, Karl and Eppinger, Steve. 1995. *Product Design and Development*. México : McGraw-Hill, Inc., 1995. pp. 11-32.
- Universidad EAFIT. 2011. EAFIT Interactiva. *EAFIT Interactiva*. [Online] 2011. <http://interactiva.eafit.edu.co/ei/>.
- Wagespack, Curtis. 2009. *Mastering Autodesk Inventor® 2009 and Autodesk® Inventor LT*. s.l. : WILEY, 2009.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.

ⁱ Coordinador Modelación 3D: Juan Alejandro García Flórez. jgarcia8@eafit.edu.co

ⁱⁱ Editor: José Luis Granados Velásquez. josegranados11@gmail.com