

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría Y Doctorado en Diseño

**LA TÉCNICA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MODELADO  
VIRTUAL, COMO ELEMENTO QUE MEJORA LA  
FIDELIDAD EN LA TRANSFERENCIA DE LAS  
PROPUESTAS DE DISEÑO A MODELO VIRTUAL EN EL  
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO**

**Raúl Vicente Galindo Sosa**

Tesis para optar por el grado de Maestro en Diseño  
Línea de Investigación: Nuevas Tecnologías

Miembros del Jurado:

**Dr. Emilio Martínez de Velasco Arellano**  
*Director de la Tesis*

M. en Dis. Edwing Antonio Almeida Calderón  
M. en Dis. Carlos Angulo Álvarez  
M. en Dis. Roberto Bernal Barrón  
M. en Ed. Raymundo Ocaña Delgado

MÉXICO, D.F.  
Diciembre de 2010

## Agradecimientos

Este trabajo de investigación que culmina una etapa formativa en mi persona, no hubiera sido posible sin el apoyo de mucha gente cercana. Aquellos que no están en este recorrido, no es por falta de agradecimiento, ya que a todos tendré siempre algo que reconocer.

A mi familia, tanto la cercana, mi esposa, hija, padres y hermano, que siempre me brindaron su apoyo para poder dedicarme a concluir este trabajo; como la indirecta, que de alguna manera siempre he contado con ellos.

Al Dr. Emilio, por orientarme para obtener este fruto que se estaba negando a brotar.

A los Sinodales, porque con sus recomendaciones se pudo mejorar el trabajo realizado.

A la UAM, tercer alma mater que tengo, y concretamente a la División CyAD y al posgrado en Diseño a quienes agradezco la oportunidad que se me dio para concluir esta fase académica.

A la UAEM, particularmente a los directivos del CU UAEM Zumpango, por las facilidades para realizar la investigación. Al personal académico y alumnos de la licenciatura en Diseño Industrial del CU UAEM Zumpango, por su participación tanto directa como indirecta en el trabajo. Al personal del área de cómputo de la misma institución, por otorgarme lo necesario en la fase de experimentación.

A todos aquellos, que de alguna forma participaron en la culminación de este esfuerzo.

**¡Muchas Gracias!**

## Sinopsis

El diseño industrial, como disciplina de la configuración de objetos, implica dentro de su proceso el uso de herramientas que mejoren el desempeño profesional. Dentro de las herramientas más actuales se encuentra el Diseño Asistido por Computadora, conocido comúnmente como CAD, el cual permite mejorar en diversos aspectos la comunicación, análisis y síntesis de ideas, a través del modelado virtual.

Bajo este panorama, en el presente documento se exponen los resultados de una investigación para que los estudiantes de la licenciatura en diseño industrial del Centro Universitario UAEM Zumpango puedan mejorar la transferencia de sus ideas hacia modelos virtuales. Así, se realizó una investigación de tipo experimental con lo que se definió como la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, un elemento que mejora la fidelidad en la transferencia de las propuestas de diseño a modelo virtual.

Se realizó un experimento con grupo de control y posttest, en donde se efectuó una intervención didáctica en estudiantes del 5º período de la carrera mencionada para implantar la *Técnica*, y como posttest se llevó a cabo un ejercicio de modelado virtual. En los resultados obtenidos se evidenció la utilidad de la *Técnica* mencionada al tener logros positivos con gran diferencia entre los grupos piloto y de control.

La estructura del documento, siguiendo a Schmelkes (1998:113-165), es la siguiente: en la introducción se plantea, delimita y precisa el problema. Dentro del primer capítulo se aborda el marco teórico y conceptual que delimita la investigación, con los antecedentes respecto a otros estudios en el tema, la historia del diseño

industrial, los principales conceptos y definiciones de dicha disciplina, y la forma en que las nuevas tecnologías se incorporan en el proceso diseño industrial.

De igual manera, se presenta un breve esbozo de la enseñanza de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC's), y del diseño industrial, así como el desarrollo que ha tenido la carrera de licenciado en diseño industrial en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), y se realiza la construcción del objeto de estudio, explicando el método de implantación con los estudiantes.

El segundo capítulo abarca la exposición del método de investigación seguido, la hipótesis, el universo de estudio, el tipo y diseño de investigación, y concluye con el desarrollo del procedimiento efectuado.

Y en el tercer capítulo, se desarrolla el análisis de los resultados obtenidos, y su interpretación. Al final, se encuentran las conclusiones de esta investigación.

## Índice General

<b>Introducción .....</b>	<b>9</b>
Planteamiento del problema .....	11
Motivación para la investigación .....	14
Pregunta de investigación y análisis del problema .....	16
Delimitación del problema .....	17
Justificación y objetivos .....	24
Hipótesis .....	25
Limitaciones de la investigación .....	26
Desarrollo del documento .....	26
<b>Capítulo 1. Marco teórico.....</b>	<b>30</b>
Otros estudios.....	31
Breve semblanza del diseño industrial .....	31
Conceptos y definiciones de Diseño Industrial .....	33
La importancia de las TIC's en el proceso de diseño industrial.....	35
La enseñanza de las TIC's y del diseño industrial.....	54
Diseño Industrial en el CU UAEM Zumpango .....	61
Construcción del objeto de estudio.....	68
Propuesta de la <i>Técnica para la Planificación del Modelado Virtual</i> .....	70
Método de implantación de la <i>Técnica</i> .....	81
<b>Capítulo 2. Método.....</b>	<b>86</b>
Enunciado de las Hipótesis .....	86
Variables de la investigación .....	87

Establecimiento del Universo de estudio.....	88
Exploración de conocimientos del Universo de estudio .....	89
La conformación del cuestionario exploratorio de conocimientos .....	90
Aplicación del cuestionario exploratorio .....	93
Resultados del cuestionario exploratorio.....	94
Determinación del Tipo de investigación .....	101
Diseño de investigación.....	102
Procedimiento seguido .....	104
División aleatoria de los grupos piloto y de control.....	104
Diseño de la intervención didáctica .....	105
Diseño del ejercicio para la intervención didáctica .....	107
Diseño del análisis de resultados .....	113
Realización de la <i>intervención didáctica</i> al grupo piloto, y aplicación del postest a ambos grupos.....	115
<b>Capítulo 3. Análisis de los resultados. ....</b>	<b>126</b>
Tiempo de realización por cada estudiante en cada grupo.....	129
Tiempo de realización promedio de cada grupo.....	130
Porcentaje de conclusión por cada estudiante en cada grupo.....	131
Porcentaje promedio de conclusión de cada grupo.....	132
Fidelidad del modelado por cada estudiante en cada grupo.....	133
Promedio de la fidelidad del modelado de cada grupo.....	135
<b>Conclusiones .....</b>	<b>138</b>
<b>Biblio-hemerografía .....</b>	<b>144</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>149</b>

## Índice de figuras.

Figura 1. Boceto de un desmenuzador de pollo. ....	11
Figura 2. Fotografía: maqueta de análisis para un desmenuzador de pollo.....	12
Figura 3. Render del modelo virtual del desmenuzador de pollo. ....	13
Figura 4. Plano para el ejercicio de modelado en la delimitación del problema. ....	21
Figura 5. Modelo de Archer del proceso de diseño. ....	40
Figura 6. Cuadro comparativo de las TIC's en el proceso de diseño. ....	48
Figura 7. Secuencia didáctica de la U. A. Dibujo por computadora. ....	58
Figura 8. Esquema del Diseño de Investigación .....	102
Figura 9. Plano entregado para el ejercicio del postest.....	112
Figura 10. Primera página de la planificación obtenida.....	117
Figura 11. Segunda página de la planificación obtenida.....	119
Figura 12. Estudiantes del grupo piloto trabajando en el modelado virtual. ....	121
Figura 13. Estudiantes del grupo de control trabajando en el ejercicio. ....	122
Figura 14. Modelado ideal. ....	126
Figura 15. Mejor modelo del grupo piloto. ....	127
Figura 16. Mejor modelo del grupo de control. ....	127
Figura 17. Modelo de menor fidelidad en grupo piloto. ....	128
Figura 18. Modelo de menor fidelidad en grupo de control. ....	128
Figura 19. Gráfica de tiempo de realización. ....	129
Figura 20. Tabla de tiempos de realización.....	130
Figura 21. Gráfica y tabla de porcentajes de conclusión.....	131
Figura 22. Tablas de fidelidad del modelado.....	133
Figura 23. Gráfica comparativa de fidelidad del modelado. ....	134

# INTRODUCCIÓN

## Introducción

Desde hace varias décadas, los softwares para Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design - **CAD**) se han popularizado por sus beneficios en términos de economía y rapidez para la realización de modificaciones a los modelos virtuales<sup>1</sup>, capacidades de simulación y análisis, y fidelidad en la representación de las propuestas de diseño. Por ello, la industria, y en general el campo profesional del diseñador industrial, demandan de los futuros profesionistas de esta área la habilitación en tales programas de cómputo<sup>2</sup>. Así, tales programas son utilizados habitualmente por los estudiantes de diseño industrial, y se enseñan en todos los planes de estudio de esta disciplina en la República Mexicana (Galindo, *et al*, 2008).

Estos softwares para CAD se han integrado al proceso de diseño desde el inicio, en la etapa de investigación, hasta la parte final de comunicación del proyecto. En este proceso de diseño hay una fase sumamente importante, llamada de síntesis o convergencia, durante la cual se generan las propuestas de diseño y se evalúan para seleccionar a la mejor, que posteriormente será desarrollada. Aquí, ha sido común el hecho de que se utilicen bocetos y maquetas de estudio para llevar a cabo la selección.

---

<sup>1</sup> El término *Modelo virtual* se definirá con mayor precisión dentro del Capítulo 1. En lo general se puede considerar al modelo virtual como el producto final de la operación y manejo de software CAD con fines de representación visual.

<sup>2</sup> A este grupo de programas de cómputo se le conoce también como Computación Gráfica, término que se ve con mayor detalle en el capítulo 1.

Sin embargo, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's)<sup>3</sup> a través de las computadoras y los software CAD, han logrado que el estudio de las propuestas tenga mejores resultados al conseguir llevar a cabo una serie de análisis más confiables. Para ello, es necesario que la idea o propuesta de diseño, plasmada en un boceto o maqueta, pueda ser convertida o transferida hacia un modelo virtual en la computadora.

Sin embargo, hay un hecho empírico en las aulas: **cuando el estudiante genera su propuesta de diseño en bocetos, y paralela o posteriormente en una maqueta o modelo volumétrico, y lo transfiere, o busca transferirlo, a un modelo virtual, con los fines de análisis o representación, no logra obtener lo que originalmente había ideado.** Este hecho se ha observado en los estudiantes de tres campus universitarios de dos universidades: de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), en el Centro Universitario UAEM Zumpango y en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco; y de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), en la unidad Azcapotzalco. Los resultados de la observación revelan que hace falta algún elemento en los estudiantes para conseguir esa fidelidad en la transferencia hacia el modelo virtual.

---

<sup>3</sup> Para esta investigación, se entiende por Tecnologías de la Información y Comunicación a los programas informáticos, y en general a todo software utilizado en computadoras personales. En algunos aspectos, que se precisan en su momento, se refiere también a los servicios de redes informáticas.

## Planteamiento del problema

La problemática expuesta en el apartado anterior se da de forma muy constante dentro del proceso de diseño, en lo particular durante la fase de generación de ideas y su transferencia a modelos virtuales. La identificación del problema para esta investigación se dio durante el proceso de la transferencia de la propuesta de diseño hacia modelo virtual en el proyecto de un desmenuzador de pollo, realizado dentro de la asignatura de Diseño de herramientas del 5º período de la carrera en el Centro Universitario UAEM Zumpango (CU UAEM Zumpango). En este proyecto se buscó solucionar el problema del deshebrado de piezas de pollo en las llamadas “Cocinas Económicas”. Después de la investigación y análisis correspondientes, se obtuvo una propuesta de diseño, la cual tuvo su origen en el boceto siguiente (Ver Figura 1).

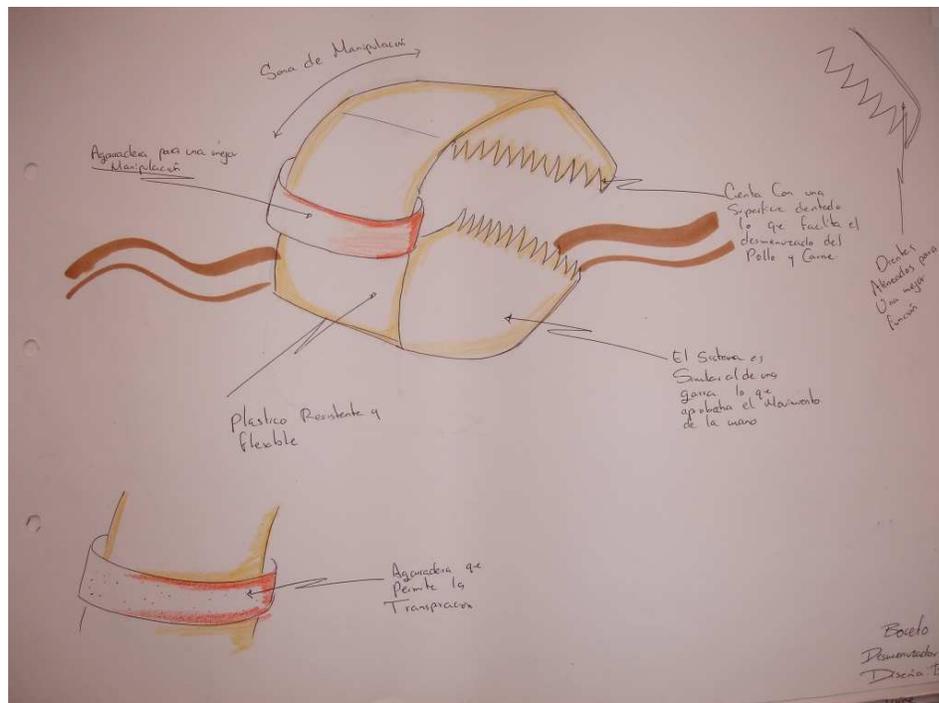


Figura 1. Boceto de un desmenuzador de pollo.

Después de este boceto se llevaron a cabo correcciones referentes a la forma en que se pretendía llevar a cabo la actividad, se precisó cuales podrían ser las dimensiones del producto, y se especificó un posible material y los procesos para la fabricación. Posteriormente, se realizó la siguiente maqueta funcional para definir algunos aspectos difíciles de determinar utilizando sólo el boceto (Figura 2).



Figura 2. Fotografía: maqueta de análisis para un desmenuzador de pollo.

Posteriormente, después de mejorar el diseño con la modificación del resorte para la apertura, de las uniones de las mordazas, de la colocación de un apoyo para los dedos en la parte superior e inferior, y del redimensionamiento de los dientes, se buscó la transferencia a un modelo virtual mediante el software Rhinoceros versión 4, dónde se logró el siguiente modelo (Figura 3).



Figura 3. Render del modelo virtual del desmenuzador de pollo.

Este modelo no logró una fidelidad respecto a la idea final mejorada, puesto que el estudiante no pudo generar hileras curvadas de dientes, ni representar el estampado que se ve en la parte superior tal y como resultaría de un proceso industrial. Tampoco logró un adecuado conformado de los remaches de las uniones (elemento muy sencillo), ni una buena representación del objeto en su forma general, respecto de la idea ya corregida.

### **Enunciado del problema**

Por los hechos antes relatados, se puede enunciar el problema de investigación

como que: los estudiantes de la licenciatura en diseño industrial del Centro Universitario UAEM Zumpango no pueden transferir fielmente sus ideas hacia modelos virtuales, durante la etapa de generación de ideas.

### **Motivación para la investigación**

El hecho planteado en el apartado anterior, y su repetición constante en diversos estudiantes de diversos grados escolares de la carrera de diseño industrial, motivó el interés por investigar de qué forma se podría mejorar esa transferencia de las ideas hacia modelos virtuales. Y es que el generar modelos virtuales se ha convertido en una necesidad dentro del proceso de diseño industrial.

Anteriormente, el diseñador industrial, como configurador de objetos, utilizaba únicamente a las diversas técnicas del dibujo para tres funciones principales:

Es un medio para exteriorizar pensamientos y clasificar problemas multifacéticos;

**Es un medio de persuasión** que vende la idea a los clientes y les confirma que sus instrucciones están siendo satisfechas;

**Es un método para comunicar** información completa e inequívoca a los responsables de fabricación, montaje y comercialización del producto. (Pipes, 1989:6)

Sin embargo, con la llegada del CAD como una herramienta adicional adecuada, y con el conocimiento correcto de su operación, estas funciones se potencian, ya que los modelos virtuales logran lo que muchas veces los dibujos no hacen cuando el

diseñador no tiene suficiente habilidad en la representación mediante dibujos. Esto se debe a que un modelo virtual, que tiene todas las características de un modelo físico, puede mostrar muchos más aspectos de un producto que lo que una serie de dibujos puede lograr.

Además, a partir del modelo virtual de un producto se pueden obtener representaciones bidimensionales de presentación (renders) para pruebas de color, de texturas, de materiales, planos técnicos generales y de detalles, esquemas de ensamblado, o diagramas de instrucciones para mantenimiento y operación. Actualmente, también se pueden lograr determinados análisis del producto que comúnmente se realizaban sólo al tener un prototipo, tales como análisis de esfuerzos, análisis de superficies (para moldes de inyección, por ejemplo), pruebas de resistencia y rompimiento, y simulaciones y animaciones que representen el uso y funcionamiento del producto.

Pero, el problema que se ha presentado y que puede terminar con todas las bondades del modelado virtual, es que el modelo no se haya realizado conforme a la idea. Esto es, que no tenga fidelidad respecto a la idea seleccionada, o que se haya modificado el modelo respecto de la idea, al realizar el modelado.

Por ello, es que se consideró muy importante el investigar de qué forma un modelo virtual puede ser realizado con fidelidad y apego a la idea de solución seleccionada, ya que, como se mencionó, esta falta de fidelidad afecta e influye negativamente en el desarrollo de las subsecuentes fases de desarrollo del diseño de un producto.

## Pregunta de investigación y análisis del problema

Con los antecedentes planteados, esta investigación se dirigió entonces hacia los estudiantes del CU UAEM Zumpango, donde el autor de esta tesis tiene la experiencia de impartir materias tales como *Taller de diseño*, y relativas al Software CAD como *Ilustración virtual*, *Animación virtual* y *Modelos en CAM*. De esta forma, cuando se inició la investigación se tenía ya identificado el problema, en lo general, que se expresó como la pregunta de investigación: **¿De que forma podrán los estudiantes del Centro Universitario UAEM Zumpango mejorar la fidelidad en la transferencia de sus propuestas de diseño a modelos virtuales?**

Dicha pregunta se podía analizar desde tres perspectivas factibles de influir: la primera, que tiene relación con el equipo de cómputo y sus capacidades. La segunda, que tiene relación directa con los programas de CAD y sus cualidades de sencillez de operación, claridad, y capacidad de interacción con el usuario, perspectiva que se ubica dentro del terreno de la usabilidad<sup>4</sup> (Borges, 2002).

Y la tercera perspectiva, que tiene que ver con el estudiante y sus habilidades, conocimientos y actitudes adquiridos para la transferencia de las ideas a modelos virtuales. Ésta tercera perspectiva implicaría un análisis, con un enfoque en la enseñanza, de cuestiones como la visualización, el entrenamiento en el dibujo a mano alzada, o la capacitación en el software para CAD, entre otras.

Respecto a las primeras dos perspectivas, y dado que, tanto el equipo de cómputo

---

<sup>4</sup> Por usabilidad se entiende al grado de eficacia del probable uso de un software por parte de sus usuarios finales durante la ejecución dentro de las restricciones y requerimientos del entorno real.

como el software para CAD no se pueden modificar cuando se utilizan en el proceso de enseñanza del diseño, aunque se les pueda sustituir con opciones más actuales, se consideraron como unas constantes en el proceso de transferencia. Esto es, que los estudiantes utilizan el mismo software, en equipos con idénticas o muy similares capacidades de cómputo, y sólo con la diferencia de que aquellos que utilizan, tanto el equipo de cómputo como el software, son diferentes personas.

En lo particular, para esta investigación, se buscó siempre el control en estos dos elementos, hardware y software. Así, se nulificaría su posible efecto en el modelado virtual.

De esta forma, la perspectiva con más posibilidad de influencia fue la relativa al área de la enseñanza. Sin embargo, como el plan de estudios de la licenciatura en diseño industrial de la UAEM está basado en competencias, entendidas éstas como los conocimientos, habilidades y actitudes para la ejecución eficiente de una tarea (UAEM, 2004: 4, 58, 75-81), las posibles respuestas a la pregunta sobre cómo podrían mejorar la transferencia, eran muchas. Por ello, se tuvo que realizar una delimitación para que la investigación tuviera un mejor enfoque.

### **Delimitación del problema**

Al analizar el plan de estudios mencionado, bibliografía relativa a competencias, y con la observación constante de los estudiantes en el laboratorio de cómputo al realizar modelos virtuales, se generó un listado de los posibles conocimientos,

habilidades y actitudes relacionadas con el uso eficiente de programas CAD. En total se enlistaron 42 Conocimientos, Habilidades y Actitudes (Ver Anexo 1) <sup>5</sup> que podrían influir en la transferencia. Tal cantidad implicaría que se tuviera que experimentar con cada una de ellas para probarlas, y al mismo tiempo mantener bajo control a las demás.

Ante ello, se tuvo que efectuar una delimitación, la cual podía ser de alguna de las siguientes dos formas:

- a) A través de cuestionarios y entrevistas a estudiantes, profesores, egresados y expertos en la materia, que opinaran sobre cuál se consideraría que es la competencia más importante.
- b) Por medio de un ejercicio de modelado que pusiera a prueba las competencias, observando las actividades de los estudiantes, y preguntado sobre la percepción respecto al ejercicio.

La primera forma implicaba solamente la opinión, y resultaba un medio que podría no ser concluyente. La segunda forma lograba un poco más de evidencia sobre el proceso de delimitación, por lo que se escogió como el medio más adecuado.

De esta forma, se planeó un ejercicio de modelado con estudiantes del nivel de estudios más avanzado dentro la carrera de diseño industrial en el CU UAEM Zumpango, en el que se puso a prueba a los estudiantes con un modelado básico, y se observó cuales eran sus actividades y acciones.

---

<sup>5</sup> El listado original no incluye a la competencia de *Conocimientos de Dibujo Técnico*, ni la *Habilidad para interpretar planos técnicos*, pero, en futuras investigaciones que retomen este camino, sí se deben incluir por su importancia dentro del desarrollo de proyectos de diseño industrial.

El ejercicio se realizó a 24 estudiantes del 9º período de la licenciatura en diseño industrial del CU UAEM Zumpango. Se escogió a este grupo por ser los estudiantes más avanzados en el plan de estudios, y que en ese momento (marzo de 2009) cursaban la última materia de TIC's en el área de *Representación, Modelos CAM*, y por lo tanto se supuso que eran los más aptos para modelar en computadora.

El proceso para el ejercicio de modelado fue el siguiente:

1. Con anticipación, se comentó a los estudiantes acerca de la problemática que tenían respecto al modelado virtual, por lo que se le propuso al grupo buscar la forma de mejorar su desempeño en esta actividad. De esta forma, se les avisó que en una sesión en específico se les pediría su colaboración para analizar que es lo que les estaba fallando.

2. Posteriormente, dentro del horario de la sesión destinada a la materia de *Modelos CAM*, se les pidió que realizaran una prueba para ver sus capacidades de modelado en la computadora. Se les informó de las características de la misma, y se les solicitó permiso para que se videograbara su desempeño, a lo que accedieron.

3. Durante la prueba, 17 estudiantes utilizaron los equipos que comúnmente manejaban dentro del laboratorio de cómputo, con las siguientes características: computadora HP XW4600 Workstation, con procesador Intel Core 2 Duo E4500 @ 2.2 Ghz, 2,047Mb en RAM, 147Gb en disco duro, y adaptador para aceleración de gráficos Nvidia Quadro NVS290 con 1,024Mb de memoria y 256Mb dedicados a video.

Por comodidad y para tener mayor confianza en la realización del ejercicio, 7 estudiantes utilizaron sus equipos portátiles personales, equipos de los cuales no se

obtuvieron las características. Este hecho de usar los equipos personales pudiera llegar a influir en el sentido de que los estudiantes conocen más a fondo cómo funcionan, y que por lo tanto les debería ayudar a modelar más rápido. Sin embargo, como se explica más adelante, esto no ocurrió.

4. Respecto al software para realizar la prueba, se les pidió que utilizaran aquel con el que se sintieran más aptos. En este caso 12 estudiantes utilizaron Autocad® 2008, y 12 estudiantes utilizaron Rhinoceros® versión 4. Se les solicitó de este modo para que no utilizaran un software que, de alguna forma, les fuera complicado, y así no influir de forma negativa para terminar el modelado.

5. Se les informó que el tiempo de que disponían era de tres horas como máximo, y que, si terminaban antes, entregaran su resultado.

6. Se les entregó un plano con las vistas de un objeto de baja complejidad (Figura 4) acotado de manera que se tienen todas las dimensiones necesarias para el modelado virtual. Este plano incluyó una vista en isométrico para tener una referencia visual tridimensional del resultado esperado.

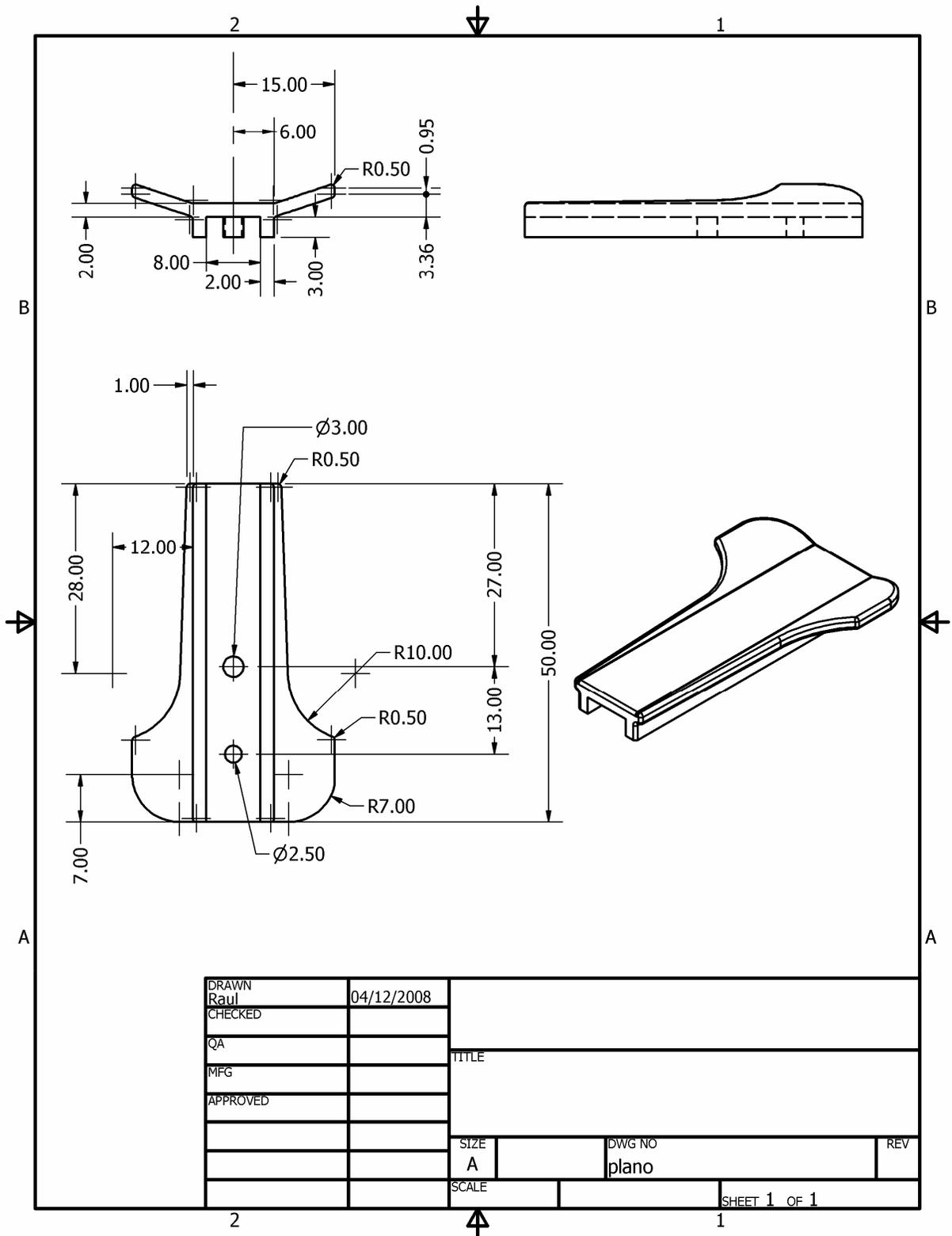


Figura 4. Plano para el ejercicio de modelado en la delimitación del problema.

7. Mientras realizaban el modelado y se videograba la actividad, se efectuaron anotaciones de observación sobre lo que estaban desarrollando.

8. Al final, se pidió a quienes no terminaron el modelo en el tiempo establecido, que contestaran preguntas generales, sobre lo que consideraron les impidió concluir en el tiempo establecido, si siguieron algún proceso o técnica para el modelado y cual fue ese proceso. (Anexo 2) Para aquellos que sí terminaron el modelo, aunque no con total fidelidad respecto al plano entregado, se les preguntó cuál fue el proceso seguido para el modelado, y qué pensaban que les ayudó a terminar en tiempo. (Anexo 3)

En total, sólo 7 estudiantes concluyeron el ejercicio, los cuales tuvieron tiempos de entre 30 y 105 minutos. El resto de estudiantes no concluyó el ejercicio. El estudiante que concluyó con mayor rapidez escribió respecto a lo que le ayudó a terminar a tiempo. “Lo que me permitió terminar es que siempre yo mentalmente trato de ver las figuras básicas de una pieza, y así veo que necesito generar para formar la pieza que me piden”.

Por su parte, uno de los estudiantes que no concluyó el ejercicio escribió respecto a lo que pensaba sobre que le impidió terminar a tiempo: “El no llevar y/o no determinar un proceso más fácil”. Otro de ellos escribió sobre lo mismo: “casarme con una sola idea (de procedimiento)”. Estos dos estudiantes tenían un buen promedio escolar, y eran reconocidos como buenos estudiantes. La mayoría de los que no concluyeron opinó que deberían conocer más el programa, aunque las respuestas adicionales implicaban también una mala planeación del modelado.

Del estudio de las respuestas a las preguntas abiertas sobre el proceso que siguieron, y de los resultados de la observación, se logró delimitar que **lo que los**

**estudiantes no hacían** era llevar a cabo una planeación del proceso del modelado a seguir. Esto es, tomaron el plano para el modelado, y no generaron una planeación de las acciones, los comandos y la secuencia a seguir, lo que se corroboró en la revisión del video del ejercicio.

Los que sí concluyeron el ejercicio, reportaron que **sí seguían un proceso de planeación**, aun cuando éste no fuera explícito. Algunos relataron cual fue el proceso seguido, evidenciando de esta manera lo importante de meditar de qué forma se podría llevar a cabo un buen modelado.

De esta forma, con los resultados de este análisis, se delimitó que el elemento importante del que carecen en el proceso de transferir sus ideas a modelos virtuales, puede ser el que, para efectos de esta investigación, se denominó *Planificación del Modelado Virtual*. Dicha Planificación implica un proceso racional que no se ha logrado que los estudiantes efectúen.

Con esta información ya procesada, se dedujo que, para lograr que los estudiantes realizaran dicho proceso racional, se tendría que experimentar con alguna técnica que les ayude a generar la *Planificación del modelado virtual*. Así, la conclusión obtenida fue que la nueva pregunta de investigación debería ser: **¿Una Técnica para la planificación del modelado virtual (TPPMV) puede mejorar la transferencia de las propuestas de diseño hacia modelos virtuales, y por lo tanto ser un elemento que influya?**

La construcción y definición de la propuesta de la *Técnica* que se utilizó en esta investigación, se explica a detalle en el Capítulo 1.

## Justificación y objetivos

La justificación de la investigación se estableció con base en la motivación original, puesto que al realizarla se obtendrían elementos para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de las TIC's para el diseño industrial y su aplicación en el proceso de diseño. Por lo tanto, se mejorarían tanto el nivel académico como el profesional, al tener mayor posibilidad, dentro del proceso de diseño, de experimentar con mayor cantidad de ideas y propuestas, y de analizarlas mediante software para CAD, Manufactura Asistida por Computadora (Computer Aided Manufacturing – CAM) e Ingeniería Asistida por Computadora (Computer Aided Engineering – CAE).

Por otra parte, y derivados de la generación de la pregunta de investigación arriba expuesta, se plantearon los objetivos de la misma.

Objetivo General: Lograr que el estudiante de la licenciatura en diseño industrial del CU UAEM Zumpango mejore la transferencia de sus propuestas de diseño a modelos virtuales, apoyado en la *Técnica para la planificación del modelado virtual*

Objetivos Particulares:

- Demostrar que la *Técnica para la planificación del modelado virtual* es un elemento que influye positivamente en la transferencia de las ideas a modelos virtuales.
- Lograr que los estudiantes aprendan y apliquen la *Técnica para la planificación del modelado virtual*.

- Comparar entre grupos de estudiantes la realización del modelado virtual, aquellos que apliquen la *Técnica* y aquellos que realicen el modelado virtual en su forma habitual.

- Analizar los resultados para detectar si el utilizar la *Técnica para la planificación del modelado virtual* influyó en la fidelidad de la transferencia de la propuesta de diseño a un modelo virtual.

## **Hipótesis**

Con lo anteriormente planteado en la pregunta de investigación, la Hipótesis se encaminó hacia comprobar que la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* puede mejorar la fidelidad al transferir las ideas hacia modelos virtuales. Por lo tanto, las hipótesis de trabajo fueron las siguientes:

H1. Cuando los estudiantes de la carrera de Licenciado en diseño industrial del CU UAEM Zumpango aplican la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, mejora la fidelidad en la transferencia de sus propuestas de diseño hacia modelos virtuales

H2. Si la hipótesis anterior ocurre, entonces la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* ayuda a realizar un modelado virtual efectivo (concluirlo) y eficiente (menor tiempo).

## **Limitaciones de la investigación**

Un punto importante a resaltar como limitación de la investigación, fue el hecho de que en el CU UAEM Zumpango, los grupos de la licenciatura en diseño industrial no son numerosos. Este hecho representa que, desde cierto punto de vista, la cantidad de alumnos en el universo de estudio pueda llegar a considerarse como baja.

La matrícula a Enero de 2010, fecha en que se realizó la investigación, presentaba los siguientes datos:

1er período: 35 estudiantes.

3er período: 36 estudiantes.

5º período: 12 estudiantes.

7º período: 33 estudiantes.

9º período: 29 estudiantes.

Otra limitación fue que se precisó de adaptar el programa de la investigación al calendario escolar, ya que no se podía distraer a los estudiantes de sus obligaciones académicas, por lo que se buscó ocupar fechas en las que no tuvieran clases regulares, o exámenes. Esta limitación influyó en el sentido de no tener un amplio rango de tiempo para la experimentación.

## **Desarrollo del documento**

El documento está estructurado de la siguiente forma: en el primer capítulo se

aborda el marco teórico y conceptual que delimita la investigación. En éste se dan a conocer los antecedentes respecto a otros estudios en el tema de la investigación, la historia del diseño industrial y los principales conceptos y definiciones de la disciplina, así como la forma en que las nuevas tecnologías se incorporan en el proceso diseño industrial. También se presenta un breve esbozo de la enseñanza de las TIC's y del diseño industrial, y el desarrollo que ha tenido la carrera de licenciado en diseño industrial en la UAEM. Por último en este capítulo, se realiza la construcción del objeto de estudio para su conceptualización, y se explica el método de implantación con los estudiantes.

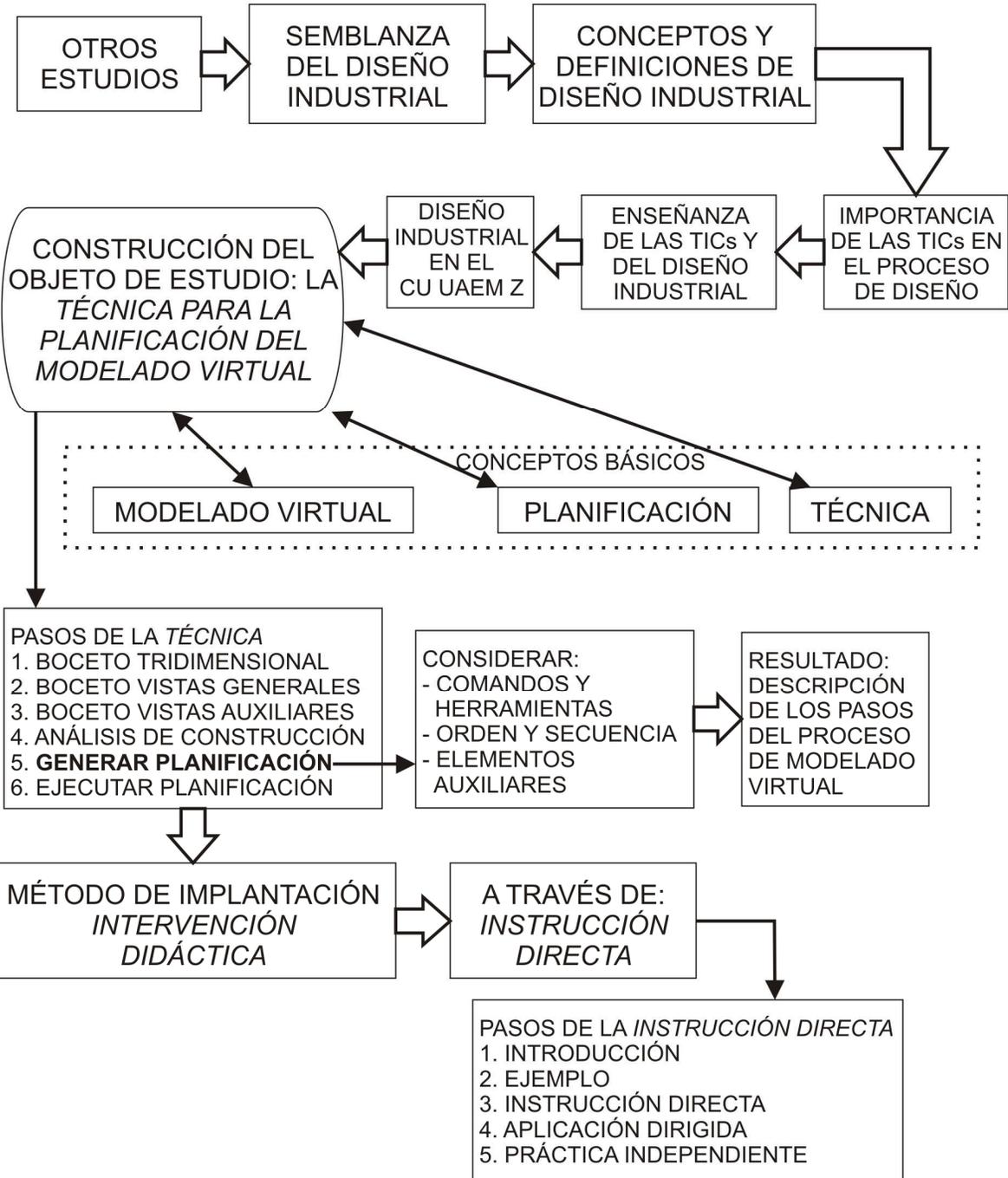
En el segundo capítulo se expone el método proseguido, presentando la hipótesis, el universo de estudio, el tipo y diseño de investigación, concluyendo con el desarrollo del procedimiento del diseño de investigación.

En el tercer capítulo, se explica el análisis de los resultados obtenidos, y su interpretación. Finalmente, se muestran las conclusiones de la investigación.

Así, esta investigación genera principalmente una aportación de valor teórico, pues sienta precedente para generar investigaciones sobre el tema de la enseñanza de las nuevas tecnologías en el diseño industrial. Con esto, el autor de este documento espera que los resultados sean de suma utilidad para que los estudiantes de diseño industrial logren mejorar su capacidad de transferir sus ideas, desde la conceptualización hacia el modelado virtual. Con ello, a continuación se expone el primer capítulo referente al Marco Teórico.

# CAPÍTULO 1

# MARCO TEÓRICO



## Capítulo 1. Marco teórico.

En este capítulo se exponen los fundamentos teóricos y conceptuales relacionados con el desarrollo de la investigación. Comienza con los resultados obtenidos de la indagación acerca de otros estudios sobre el tema de esta investigación. Continúa con una breve semblanza sobre la historia del diseño industrial, para enmarcar el surgimiento de esta disciplina, de las escuelas de diseño industrial, y del Centro Universitario UAEM Zumpango en lo particular, seguido de las definiciones que sobre la misma disciplina se han generado.

Posteriormente, se expone cómo las TIC's se han incorporado al proceso de diseño industrial, específicamente los programas de modelado virtual, y cuales son los esquemas que prevalecen para la enseñanza tanto de las TIC's como del diseño industrial. Después, se presenta el contexto en el cual se desarrolló la investigación, el CU UAEM Zumpango, con las particularidades de su plan de estudios.

Más adelante, se realiza la conceptualización del objeto de estudio de esta investigación, la *Técnica para la planificación del modelado virtual*, a través de los conceptos utilizados en su integración, y cómo se definió para su investigación. También se expone la forma que se seleccionó para transmitir la técnica a los estudiantes y así poder investigar si la utilización de dicha técnica mejora o no la transferencia de la idea a un modelo virtual. Bajo tal orden de ideas, a continuación se refieren los estudios encontrados respecto a la problemática planteada.

## **Otros estudios**

Dentro de la revisión documental para la integración del marco teórico, se buscaron otros estudios que abordaran el tema de la investigación. Así, respecto a otros estudios que se hayan realizado acerca de la problemática de los estudiantes para transferir sus propuestas de diseño a modelos virtuales, no se han encontrado investigaciones publicadas. Lo que se encontró fueron investigaciones acerca de la didáctica de la computación (por ejemplo Caraballo y Cicala, 2005), o de propuestas de modelos de enseñanza en el diseño, que se presentan más adelante en sus respectivos apartados. Pero acerca del tema en específico, ninguna investigación o bibliografía habla al respecto.

Por lo tanto, esta investigación se puede considerar como iniciadora de una línea de investigación en la integración entre la enseñanza de las TIC's y la enseñanza del diseño industrial. Con las referencias encontradas, se realizó la construcción del marco teórico y conceptual, que a continuación se expone.

## **Breve semblanza del diseño industrial**

El surgimiento de la disciplina del diseño industrial se ha considerado por los historiadores a partir de la época de la revolución industrial en el siglo XVIII (Salinas, 1992: 50). Desde entonces y hasta este momento, su expansión se ha dado a lo largo y ancho del mundo, llegando a Latinoamérica en el siglo XIX, iniciando en Chile. En la parte académica, Chile inicia con la fundación, en 1849, de la Escuela de Artes y

Oficios en Santiago de Chile, y posteriormente en México se crea la Escuela Nacional de Bellas Artes en 1867, con el propósito de lograr un adiestramiento de artesanos y gente de diversos oficios.

Específicamente en el nivel superior en México, se inicia la carrera de diseño industrial en la Universidad Iberoamericana en 1963, y posteriormente en 1969 en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. A partir de ahí, se ha incorporado dicha carrera a otras 37 instituciones, tanto públicas como privadas, de educación superior en la República Mexicana (Galindo, 2008:115) que, con un total de 83 campus, imparten la licenciatura en diseño industrial específicamente, u otras con denominación análoga.

Dentro de estos campus se encuentra el Centro Universitario UAEM Zumpango, el cual es un Organismo Académico desconcentrado de la Universidad Autónoma del Estado de México en donde, desde 1988, se ofrece la carrera de Licenciado en diseño industrial. Actualmente, y cómo se verá más a detalle en el apartado específico, la carrera se cursa dentro de un mapa curricular flexible, que permite al estudiante ir cubriendo la currícula de acuerdo a sus necesidades personales.

Toda vez que se ha enmarcado a la carrera de diseño industrial en un marco histórico, cuantificando los campus en donde se ofrece esta licenciatura, es menester conceptualizar a dicha disciplina, para enfocar el trabajo de investigación.

## Conceptos y definiciones de Diseño Industrial

Dentro del gremio de diseñadores industriales se tiene por entendido qué es el diseño industrial. Sin embargo, es pertinente precisarlo teóricamente. Entre las definiciones académicamente más frecuentes en México, se encuentra la de Tomás Maldonado, de quien, en los años 1960's, retomó el International Council of Societies of Industrial Design (ICSID, 2008) y que define al diseño industrial como

... una actividad proyectual que consiste en determinar las propiedades formales de los objetos producidos industrialmente. Por propiedades formales no hay que entender tan sólo las características exteriores, sino sobre todo, las relaciones funcionales y estructurales que hacen que un objeto tenga una unidad coherente desde el punto de vista tanto del productor como del usuario.

Esta definición se complementa con la que el mismo Maldonado publicó (1981:21), definiendo al diseño industrial al inicio de su ya clásico libro *El diseño industrial reconsiderado*, como “la proyectación de objetos fabricados industrialmente, es decir, fabricados por medio de máquinas y en serie.”

También es válida la definición presentada por el International Council of Societies of Industrial Design (ICSID), que define simplemente como diseño a

... una actividad creativa cuyo objetivo es establecer las cualidades polifacéticas de objetos, procesos, servicios y sus sistemas en ciclos vitales enteros. Por lo tanto, el diseño es el factor central de la humanización innovadora de tecnologías y el factor crucial del intercambio económico y cultural. (ICSID:2008)

Esta definición deja al adjetivo de industrial como “relacionado al término industria o en su significado de sector de producción o en su antiguo significado de ‘actividad industrial’” (*Ibid*).

También, como la presente investigación abordó la enseñanza del diseño industrial en el CU UAEM Zumpango, se consideró la definición que tiene el Plan de estudios de la licenciatura en diseño industrial de la UAEM, la cual menciona “El diseño Industrial es una disciplina creativo-proyectual de alto sentido ético y humanístico que contribuye interdisciplinariamente a la modificación y generación de la cultura material de los objetos manufacturados de las diferentes sociedades del mundo; considerando sus entornos naturales, socio-económicos, geo-políticos, tecnológicos y productivos, con el fin de resolver diversas necesidades materiales que ayudan a obtener una mejor calidad de vida” (UAEM, 2004:75).

Reconsiderando las anteriores definiciones, para efectos de esta investigación se concluyó por parte del autor de la tesis que el diseño industrial es la disciplina con sentido ético y humanista que, mediante un proceso de desarrollo metodológicamente estructurado, organizado y sistematizado, genera de forma creativa los elementos de planeación, organización y ejecución necesarios para la fabricación, comercialización, distribución, uso y desecho de productos manufacturados que satisfagan determinadas necesidades y deseos de un mercado demográficamente específico, dentro de entornos tecnológicos, medioambientales sociales, culturales y psicológicos particulares.

Esta última definición aporta un marco conceptual amplio acerca del quehacer del diseñador industrial que, sin embargo, no considera la participación de las TIC's. Por

ello, a continuación se reflexiona acerca de la importancia de estas tecnologías en el proceso de diseño.

### **La importancia de las TIC's en el proceso de diseño industrial**

Respecto a la importancia de las TIC's en el proceso de diseño, Joan Costa (2007) ha puntualizado muy claramente que “La cultura del diseño está confundida en la cultura de la técnica”, cuando asume que el uso de la tecnología ha sustituido a la creatividad en el proceso de diseño. También afirma que “El diseño computarizado (“infografía”, que es la unión de las palabras grafismo e informática), con su utillaje y sus programas cada vez más perfectos y sofisticados ha fascinado a nuestros estudiantes”, con lo que refleja cómo este desarrollo tecnológico influye en quienes están cursando carreras de diseño.

Ante este escenario, se requiere hacer una reflexión acerca de cuál es el nivel de intervención de las TIC's en el proceso de diseño. En primer lugar, es pertinente el definir la estructura de conceptos que se ha generado en torno a las TIC's. Según Cañedo, Ramos y Guerrero (2005), en lo general se piensa en la Informática, como equivalente de Computación, aunque se considera que solo retoma parte de los conocimientos de ella junto con conocimientos de electrónica, cibernética, telecomunicaciones, entre otras disciplinas.

Por su parte, la computación está más relacionada con la creación de algoritmos para la solución de problemas mediante el procesamiento de la información a nivel de

hardware y software. Así, de los resultados de las aplicaciones de informática se desprenden las que se denominan Tecnologías de la Información y la Comunicación, y que son un “conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética” (Rosario, 2005).

Dentro de las TIC's también se puede incluir a lo que se denomina Computación Gráfica (Computer Graphics – CG) que de acuerdo con la NTIA (National Telecommunications & Information Administration de los Estados Unidos de Norteamérica) la define, en su Glosario de Términos de Telecomunicaciones, como los “Métodos y Técnicas para convertir datos hacia o desde visualizadores gráficos por medio de computadoras” (ITS, 1996) Aquí se encuentra agrupado al software para CAD, CAM y CAE.

En este orden de ideas, el proceso de diseño, en el ejercicio de la profesión, ha comenzado a modificar sus técnicas para adaptarse a los requerimientos del avance tecnológico, obviamente dependiendo del nivel de capacidad industrial, de recursos e infraestructura que tenga el cliente de proyectos de diseño industrial. Este avance tecnológico requiere que se utilicen herramientas poco manejadas hace menos de tres décadas.<sup>6</sup>

El peligro actual de este avance tecnológico para la educación de diseñadores,

---

<sup>6</sup> Por ejemplo, la primera versión de Autocad® fue lanzada en noviembre de 1982 en el COMDEX Trade Show en Las Vegas. (Ferrer:2006)

manifiesta Costa, estriba en el hecho de que “sus habilidades informáticas superan incomparablemente su nivel de conocimiento de la disciplina del diseño, incluso de sus capacidades de expresión oral y escrita”, y que existe “el riesgo de confundir el medio con los fines”. También, en una conferencia dictada en la UAM Azcapotzalco en 2006, Joan Costa manifestó que “El diseñador busca soluciones en la pantalla porque no hay metodología para él, obedece a la tecnología y a la ley del mínimo esfuerzo” (Frías, 2006).

De lo hasta aquí expuesto, se deduce que una preocupación actual es que las TIC's no deben de sustituir al trabajo creativo del diseñador. Sin embargo, como se verá más adelante, las TIC's se han convertido en una herramienta indispensable dentro del proceso de diseño.

Abordando un aspecto histórico, se puede precisar que las primeras herramientas de las TIC's que utilizaron los diseñadores provinieron del MIT (Massachusetts Institute of Technology). En los años 1950's se creó en el MIT el proyecto *Whirlwind*, del cual surgió una computadora capaz de representar en un tubo de rayos catódicos imágenes gráficas, además de que los operadores podían utilizar un *lápiz de luz* para escribir información en la pantalla (Waugh, 1998).

Posteriormente en 1962, Ivan Edward Sutherland desarrolló también en el MIT el programa *Sketchpad*, que establece las bases de la representación gráfica por computadora, además de utilizar un teclado y un lápiz óptico para situar, seleccionar y dibujar directamente en la pantalla (Sutherland, 2003). Con esta base, en 1970 las industrias automotriz y aeronáutica desarrollaron sistemas que se pueden denominar como CAD.

Al respecto, el diseño industrial que se enseñaba en las escuelas no utilizó en gran medida este tipo de desarrollos tecnológicos, sino hasta que las computadoras compatibles IBM PC's con sistema operativo MS-DOS lograron representar de manera efectiva un entorno gráfico óptimo para el trabajo en desarrollo de productos. Autocad® en su primera versión, operaba sobre el sistema operativo MS-DOS versión 2.0, mediante el uso de gráficos vectoriales.

Así, el desarrollo de las TIC's fue impulsando la creación de nuevos conocimientos profesionales, ya que el uso de los equipos de cómputo por lo regular significaba que se estaba a la vanguardia, y que las propuestas generadas con este tipo de sistemas tendrían mayor factibilidad y exactitud. Aunque esto no siempre era así.

Más bien, las ventajas de utilizar software especializado para la creación de ideas y proyectos se comenzó a dar al momento de realizar modificaciones, aunado a la mayor precisión obtenida con los equipos de cómputo. Es decir, mientras que con los métodos tradicionales, el realizar algún cambio en el resultado del proceso de diseño implicaba volver a generar planos, esquemas, dibujos y modelos, y su correspondiente pérdida de tiempo, con el uso de software especializado se podían realizar los cambios en un tiempo relativamente corto.

Por consiguiente, los nuevos conocimientos se basaban en el aprendizaje del manejo y operación de software, principalmente el desarrollado para el área de diseño, al que se le llamó de *diseño asistido por computadora* (Computer Aided Design – CAD). El aprendizaje, entonces, debería abarcar desde la operación básica de una computadora, hasta el manejo, y en algunos casos, programación de sistemas de CAD especializados.

Actualmente, existe una amplia variedad de software para CAD, CAM, y CAE, los cuales, con cada nueva versión, demandan una actualización constante. También, se presenta el fenómeno de la especialización en cada tipo de software, con el que se puede ser especialista en representación bidimensional, modelado tridimensional, o simulación virtual. Pero, aún con esta especialización, la cantidad de software de cada área es tal que, en ocasiones, sólo se puede ser especialista en uno solo. Así, se tiene al especialista en Corel Draw, en Photoshop, o en Inventor, especialistas que están obligados por el mercado de trabajo a mantener una actualización permanente para poder utilizar la totalidad de capacidades de cada software.

De esta forma, el actual entorno de desarrollo profesional demanda de los futuros diseñadores industriales el especializarse en el manejo y operación del software CAD, para así poder tener un valor acorde con los requerimientos del mercado. Cabe señalar aquí, que el conocer a fondo la operación de estos softwares, como lo señala Costa, no hace un buen diseñador, pero, en opinión del autor de esta tesis, sí le da más armas para defenderse ante la competencia del mundo global.

Ante esta perspectiva del mercado de trabajo, se hace necesario pensar en que la preparación profesional del diseñador industrial debe tomar un giro hacia la adquisición de ciertas habilidades adicionales. Estas habilidades están comprendidas en las diferentes etapas del proceso de diseño que los estudiantes aprenden en su formación profesional, por lo que se presentan a continuación dichas etapas, con base en el modelo del proceso de diseño de Bruce Archer (citado en Cross, 2002:35) (ver Figura 5), y comparando las técnicas tradicionales con la forma que adoptan las TIC's en cada etapa.

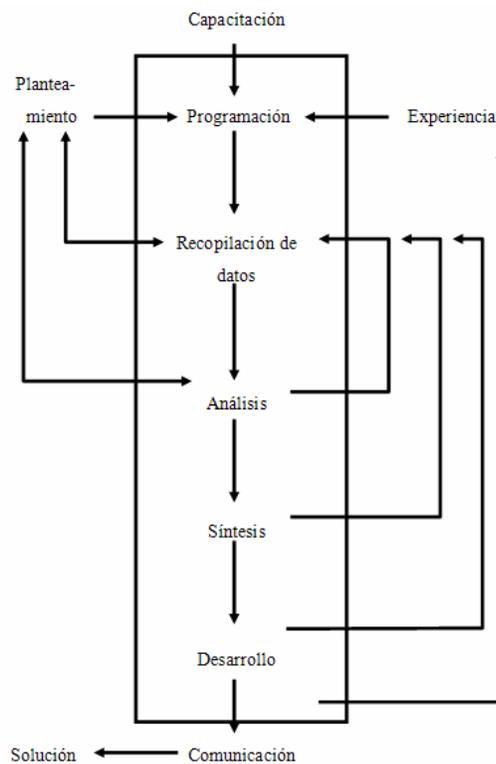


Figura 5. Modelo de Archer del proceso de diseño.

**Programación.** En esta etapa el uso de la computadora normalmente se limita a la concentración de la información. Se requiere entonces de conocimientos básicos de la operación del equipo, del sistema operativo, y de algún software de uso general como procesador de textos (Word®) y hoja de cálculo (Excel®).

Las técnicas tradicionales de esta etapa consisten en la preparación de la información inicial, ya sea que provenga de una entrevista con el cliente, de la observación de fenómenos sociales o de otros instrumentos de investigación. Una tendencia actual en el establecimiento de los aspectos cruciales del proyecto y de la conformación del curso de acción, se provee a través de las técnicas de investigación del método cualitativo de las ciencias sociales. En éste, se pretende obtener

información más subjetiva pero complementaria de los datos cuantitativos.

**Recopilación de datos.** Aquí se precisa de elementos computacionales que auxilien en las tareas de recopilación, clasificación y almacenamiento de datos. Las técnicas tradicionales para la recopilación comprenden la observación, la indagación documental y de campo a través de la búsqueda en bibliotecas y hemerotecas, la visita a puntos de venta de productos existentes, similares o análogos, las entrevistas y cuestionarios a usuarios potenciales, entre otras. En la clasificación y almacenamiento de datos se utilizan los apuntes, las fichas en sus diversos tipos, el registro fotográfico y de video, así como los archivos en carpetas de trabajo con clasificadores.

Para la recopilación de información por medios electrónicos modernos, las herramientas fundamentales son las relacionadas con el manejo de Internet, tales como búsqueda, navegación, captura, transmisión y respaldo de información. También están las relacionadas con la captura y manipulación de imágenes fotográficas y de video en formato digital, así como la captura de información escrita.

En la tarea de clasificación, los sistemas computacionales que ayudan son aquellos relacionados con la clasificación de información, tales como hojas de cálculo, bases de datos (Access®), programas de clasificación de imágenes (Corel® Multimedia Manager), y demás similares. También son útiles los procesadores de textos para mantener el control de la información y del proceso de diseño.

Para el almacenamiento de datos se pueden utilizar los diferentes medios de almacenamiento masivo como los discos compactos, dvd's, o memorias de estado sólido (USB's). Asimismo, existe software (WinZip® o WinRar®) que compacta la

información para aprovechar de mejor manera el espacio que ocupa la información.

**Análisis.** En esta fase, dedicada a identificar problemas secundarios, preparar especificaciones de rendimiento (o de diseño), reevaluar el programa propuesto y las estimaciones, las técnicas tradicionales se refieren a aquellas en donde se preparan cuadros sinópticos, árboles de objetivos y de configuración formal-funcional, cuadros de requerimientos o de establecimiento de funciones. En general, son técnicas que implican el razonamiento para la reducción de la información a elementos de menor tamaño y más fácil manejo.

Para el caso de las herramientas de cómputo, se necesita de tecnología que apoye el estudio de la información recopilada. Tal es el caso, nuevamente, de las herramientas básicas de computación, procesadores de texto, hojas de cálculo, bases de datos, organizadores de imágenes, además de software especializado para análisis estadístico (SPSS®), o de análisis ergonómico (ergonautas Toolbox®).

**Síntesis.** Aquí se prepararan bosquejos de las propuestas de diseño, y **es donde comienza la utilización de herramientas más específicas.** En la enseñanza tradicional, el método por excelencia es el dibujo a mano alzada, ya que abarca ventajas como la velocidad para dejar plasmada la idea, hasta poder representar en un medio bidimensional las especificaciones y características de una idea tridimensional de solución.

Otras técnicas tradicionales son: el modelado rápido con materiales suaves como la plastilina o la espuma rígida de poliuretano, la simulación con elementos de bajo costo pero de características similares, y la representación bidimensional en planos de estudio. La ventaja innegable de estas técnicas es su velocidad, ya que bastan tan

solo unos minutos para elaborar un buen boceto explicativo, o incluso sólo unas horas para preparar algún modelo de estudio.

En materia de **software**, es a partir de este momento, y con base en el plan de acción delimitado en la primera fase, que se deben seleccionar con atinada precisión las herramientas informáticas a utilizar. Y es que, dependiendo del objetivo y alcances del proyecto, esto es, si se trata de llegar a un prototipo rápido o de sólo entregar propuestas en formato gráfico, se debe buscar el software que mejor se desempeñe.

Si se tienen que presentar sólo propuestas en formato gráfico es mejor utilizar software de funcionalidad simple para representación bidimensional, tales como software de dibujo vectorial (por ejemplo CorelDraw®) o, incluso, de manejo de mapas de bits (Photoshop® es un buen ejemplo). Pero **si se pretende llegar a prototipos rápidos o estereolitografía**<sup>7</sup>, lo más adecuado es utilizar software que integre desde dibujo vectorial bidimensional hasta simulación por elementos finitos (por ejemplo SolidWorks®), y que incluso cuenten con conexión para controlar máquinas de control numérico computarizado o de estereolitografía.

Esta selección también puede depender de la cantidad de tiempo que se tenga para la realización del proyecto, del presupuesto para la adquisición de software, de la gente que tenga que tomar decisiones a la que se le deban presentar avances, o

---

<sup>7</sup> El Prototipado Rápido es una tecnología que posibilita producir modelos y prototipos directamente a partir del modelo virtual en 3 dimensiones generado en un sistema CAD. Entre las técnicas más utilizadas de prototipado rápido se encuentra la Estereolitografía, que consiste en la solidificación de una resina fotosensible bajo la acción de un rayo láser o una luz Ultravioleta. La fabricación se realiza por capas, donde cada capa, una vez que se ha solidificado, genera una base para una nueva capa, hasta fabricar el sólido completo.

hasta del presupuesto para el proyecto, pues se puede optar por software que combine sólo algunos elementos, como el modelado tridimensional con poco control de las dimensiones exactas pero con buena calidad de representación formal (Rhinoceros®), o software que considere la parametrización y la integración de elementos aún cuando la calidad de representación de materiales o de movimiento sea escasa (Autocad®).

Un punto importante suele ser el esquema de bocetaje que se seleccionará para la generación de ideas, ya que, al menos en opinión del autor de esta tesis, las nuevas tecnologías aún no han alcanzado un nivel de desarrollo que logre equiparar a la velocidad de la mano adiestrada en el dibujo a mano alzada, para la generación de ideas de objetos tridimensionales. Aun y cuando existen programas como CorelPainter® o Alias®, uno de los factores que influye es la capacidad de concentración que se debe tener al estar generando ideas; esto es, que el nivel de distracción debe reducirse al mínimo posible, la cual no se logra alcanzar mediante el uso de software, a menos que se tenga un alto dominio del mismo. El lápiz tiene la ventaja de que se utiliza desde los primeros años de escuela, y las computadoras se conocen hasta una etapa de la vida que transcurre mucho tiempo después.

Ante este hecho, los equipos de cómputo actuales tienen el defecto de que la interfaz humano-computadora demanda de una concentración específica, desde la necesaria para recordar el significado de los íconos, hasta para controlar eficazmente el medio de interacción, que bien puede ser un lápiz óptico o magnético, pero que no logra controlarse tan fácilmente como se controla un lápiz normal sobre una hoja de papel.

Por lo tanto, en opinión del autor de esta tesis, las nuevas tecnologías no han logrado superar, al menos en este aspecto, a la habilidad humana de generar ideas a una alta velocidad y con un mínimo de distracción.

**Desarrollo.** La etapa relativa al desarrollo de un diseño, y de preparar y realizar estudios de validación, también esta cargada de elementos que propician el uso de las TIC's. Aquí, los elementos tradicionales de diseño son la experimentación con materiales, los simuladores de ergonomía, las pruebas con prototipos, entre otros. Esta variedad de técnicas implica un cierto grado de creatividad, ya que se pueden utilizar también elementos que se encuentren en el comercio en general, para así poder representar lo más fielmente posible el elemento de diseño a desarrollar.

Para esta etapa, en el caso de las TIC's y como consecuencia de la planeación original del proyecto y de la selección hecha en la fase anterior de Síntesis, se tiene que desarrollar el proyecto hasta alcanzar el nivel planeado, ya sea de representación gráfica o incluso de realización del prototipo. Se pueden efectuar diversos estudios de validación que van desde el sentido común visualizando representaciones bidimensionales, pasando por **modelos tridimensionales virtuales**, hasta la validación mediante programas de simulación de esfuerzos, o de simulación de maquinado en Control Numérico Computarizado (CNC)<sup>8</sup>.

Comúnmente se denomina a esta parte como diseño de ingeniería, y es donde más se utilizan los programas de CAE, tales como Catia o MasterCam, que evalúan,

---

<sup>8</sup> CNC es la tecnología que permite controlar por medio de una computadora las trayectorias y velocidades que sigue en su operación una máquina-herramienta (fresa, torno o router) para el maquinado de una pieza.

mediante diversos algoritmos, las características físicas del producto, o la factibilidad de producción en máquinas de control numérico. También, esta etapa incluye el diseño y creación de herramientas diversos para la producción y manufactura, en caso de que los actuales no cumplan con las características técnicas necesarias.

Además, también se requiere de otro software para la presentación de resultados, tales como los programas de manipulación de imágenes fijas o en movimiento, de exposiciones electrónicas o de elaboración de presentaciones multimedia (PowerPoint®, o Flash®). Con éstos se pretende que, mientras el desarrollo del proyecto se lleva a cabo, se presenten a los clientes avances en los resultados del mismo cuando se necesite de alguna decisión fuera del ámbito de injerencia del diseñador y, así, logre intercomunicarse de manera efectiva.

**Comunicación.** Es la etapa de preparación de la documentación necesaria para la manufactura. Ésta abarca desde la planimetría correspondiente al producto, los planos del herramental necesario para la producción, hasta los esquemas de producción requeridos para la integración al proceso de producción en la planta.

Los elementos tradicionales de comunicación incluyen la elaboración de representaciones formales, de ergonomía, secuencias de uso y ambientaciones, mediante ilustraciones a color. También, incluyen la elaboración manual de la planimetría ejecutiva en soportes bidimensionales, así como las especificaciones de producción en formato escrito.

En esta etapa es donde las tecnologías de la información han impactado de mayor forma el proceso de diseño, puesto que se hace uso de elementos computacionales de diversos tipos. Software básico como un procesador de texto, una hoja de cálculo o

un programa de presentaciones electrónicas, Software para CAD en dos dimensiones para la impresión de planos, y para **tres dimensiones para el modelado y simulación**, o programas de simulación de líneas de producción para corroborar la correcta integración a la planta de fabricación y la inexistencia de “cuellos de botella”, entre otras características.

A manera de resumen, en el cuadro siguiente (figura 6) se puede observar un comparativo, por cada etapa del proceso de diseño, entre las técnicas tradicionales y las que incorporan a las TIC's.

Etapa del proceso de diseño	Técnica Tradicional	TIC's incorporadas
Programación	Observación, toma de notas, técnicas cualitativas.	Procesador de Textos. Grabador de voz.
Recopilación de datos	Entrevistas, cuestionario, visita a centros de documentación, puntos de venta, apuntes, fichas, fotografía y video, archivos físicos.	Internet, procesamiento de imágenes y video, procesadores de texto, hojas de cálculo, bases de datos. Almacenamiento de información en medios digitales, con o sin compactación. Digitalización en 2D y 3D. Foto y video digital.
Análisis	Cuadros sinópticos, árboles de objetivos y de configuración, cuadros de requerimientos.	Procesador de textos, hojas de cálculo, administradores de imágenes, bases de datos, navegadores, software de análisis estadístico, o ergonómico, de generación de mapas mentales.
Síntesis	Dibujo a mano alzada, modelado rápido con materiales suaves, simulación física, planos de estudio.	Software de dibujo vectorial, de mapas de bits, de <b>modelado virtual</b> , CAD y CAM, de simulación por elementos finitos, impresoras de alta calidad, plotters.
Desarrollo	Experimentación con materiales, simuladores de ergonomía, pruebas con prototipos, productos comerciales.	Software de representación bidimensional, de <b>modelado virtual</b> , de diseño paramétrico, de CAM, de simulación por elementos finitos, de CAE, de presentaciones electrónicas, de fotorrealismo, de animación virtual, de elaboración de presentaciones multimedia.

Comunicación	Elaboración de ilustraciones para representaciones formales, de ergonomía, secuencia de uso, función, ambientaciones. Planimetría ejecutiva. Documento con especificaciones de producción.	Procesador de texto, hoja de cálculo, programa de presentaciones electrónicas, software para CAD en dos dimensiones para la impresión de planos, y para <b>tres dimensiones para el modelado y simulación</b> , programas de simulación de líneas de producción, CAM, CAE.
--------------	--	--

Figura 6. Cuadro comparativo de las TIC's en el proceso de diseño.

### Planes de Estudio.

Con lo antes expuesto, se puede establecer que, ahora, los planes de estudio de la carrera de diseño industrial tienen que incorporar materias curriculares y cocurriculares donde se incluya tanto el desarrollo de habilidades manuales como las habilidades y capacitación requeridas por el software, tanto en lo general como en lo específico. Esto se debe a que el aprendizaje de las TIC's se tiene que dar de forma evolutiva para que el estudiante logre incorporar estas habilidades mientras se va formando como diseñador. Por lo tanto, se tiene que contemplar al menos un curso por período lectivo relativo, o que involucre, a las TIC's.

Ahora bien, esta nueva forma de preparación profesional ¿será favorecedora o limitará el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial?

Una de las características de las TIC's es su continuo desarrollo, lo cual implica una constante actualización de los conocimientos en la materia. Por ende, se necesita de una constante inversión en capacitación, la cual no se manejaba en la formación tradicional, ya que solo se requería cuando algún nuevo material salía al mercado, hecho muy esporádico, por cierto.

Por consecuencia, la actualización que se requiere, por parte de los futuros profesionistas de esta área, es inherente al devenir de nuevas tecnologías. Porque, de otra forma, los conocimientos adquiridos pierden vigencia y por ende, valor.

También, este desarrollo constante propicia que los estudiantes tengan que dedicar una apreciable cantidad de tiempo en mantenerse al día con el aprendizaje obtenido, ya que los conocimientos adquiridos en materia de software, al inicio de la carrera, muy probablemente estén obsoletos para cuando terminen sus estudios o ejerzan la profesión.

En otro aspecto comparativo, el tiempo que se requiere para la capacitación en el software, ya sea formalmente o por autoaprendizaje, llega a ser un tanto excesivo. Si alguien requiere de un curso sobre algún software específico de diseño, tiene que invertir, además del costo del curso, un mínimo de 40 horas para obtener un manejo operativo de nivel intermedio. Por ejemplo, SolidWorks requiere para certificar como “Asociado” a un usuario de este software, que tenga al menos dos cursos de 20 horas cada uno.

El llegar a un nivel de especialización en un solo software puede requerir de tres o más de estos cursos. SolidWorks precisa para la certificación como “Profesional” en dicho software que se cursen los 6 módulos de los que consta la capacitación, con un total de 120 horas, más la práctica necesaria para presentar un examen contra reloj. Para el diseño por medios tradicionales, normalmente no se requería mas allá de los conocimientos adquiridos durante los cursos de la licenciatura, con la práctica que el desenvolvimiento profesional llevaba consigo.

## Ventajas de las TIC's.

Entonces, ¿qué ventajas ofrecen las nuevas tecnologías para el estudiante y futuro diseñador industrial? La primera ventaja es la patente reducción de tiempo y costos ante los cambios en el diseño, o ante las opciones de rediseño. Con los métodos tradicionales se requería de al menos la misma cantidad de tiempo que se llevó el desarrollo de las especificaciones de diseño para realizar un cambio por mínimo que este fuera.

Si dicho cambio se daba estando en la fase final del proceso de diseño, o en la evaluación del curso, el costo en tiempo y esfuerzo era demasiado, haciendo que el proyecto se presentara incompleto o con errores evidentes. Con la incorporación de las TIC's estos cambios no representan tal costo.

La segunda ventaja es la posibilidad de obtener una mayor cantidad de alternativas de un mismo diseño. Las técnicas tradicionales implicaban que, para obtener variaciones o derivaciones de un diseño, se tuviera que invertir el mismo tiempo de la etapa de desarrollo para cada una de estas variaciones, debido principalmente a la velocidad con que se podían duplicar las especificaciones del diseño, incluyendo desde el documento, las representaciones o la planimetría.

Con las nuevas tecnologías, para obtener una variación en el diseño de un producto, por ejemplo los botones de un aparato electrodoméstico, solo es necesario modificar algunos parámetros (siempre que el diseño se haya planeado con esta posibilidad) para obtener un nuevo modelo. O, en otro caso, también se pueden utilizar las partes de un objeto anterior en el desarrollo de un producto similar, sobretodo cuando son elementos que se mantienen constantes, como las piezas

comerciales. Inclusive, diversos fabricantes ponen en línea los modelos virtuales de sus productos con el fin de que se utilicen en los nuevos desarrollos y sean contemplados como posibles proveedores.

Así, estas modificaciones en los parámetros, recalcando nuevamente que siempre y cuando el proceso de diseño se haya planeado en estos términos, son relativamente sencillas, y ya no implican un desgaste de tiempo, puesto que se modifican en forma virtual y el software facilita la reproducción de los diversos elementos de representación.

Otro ejemplo es cuando el prototipo resultante no fue satisfactorio o no cumplió con alguno de los requerimientos de funcionalidad o uso, ya que se pueden elaborar nuevamente las especificaciones, la planimetría, o incluso un nuevo prototipo, para que, al momento de someterse a una nueva evaluación, que sería equivalente a entrar a producción, fabricarse, colocarse a la venta, y utilizarse por el usuario final, se tenga la seguridad de que va a actuar adecuadamente. Así, la mayoría de los cambios no se llevan más tiempo que el de los ajustes al modelo tridimensional virtual y la propia impresión de los dibujos.

La tercera ventaja es la **posibilidad de valorar con mayor precisión científica las alternativas de diseño generadas en la fase de síntesis, y de obtener resultados de mayor exactitud**. Cuando se utilizan técnicas tradicionales, lo más común es elaborar una serie de modelos tridimensionales a escala real y con materiales similares a las propuestas de diseño, modelos que pueden ser: a nivel de representación de materiales para evaluación formal, simuladores para verificar algunos elementos críticos dentro del diseño, o prototipos para confrontar los

requerimientos de funcionalidad y uso con las propuestas de diseño.

Con las TIC's<sup>9</sup>, se puede simular, mediante software especializado, desde los acabados en una o varias propuestas para evaluar los aspectos formales, hasta la resistencia a diferentes esfuerzos de carga, tales como la compresión, punto de ruptura, o la torsión. Esto permite una valoración más económica desde el punto de vista tiempo y gasto en materiales, ya que, al combinar esta ventaja con las dos anteriores, se puede obtener una valoración más precisa y con una mayor cantidad de propuestas, factibles de ser modificadas rápidamente.

El aspecto relacionado con la exactitud de los resultados esta muy ligado a la relación existente entre los programas de CAD y de CAM. Anteriormente, el CAM se realizaba mediante la programación directa de las máquinas de CNC, con la traducción de las especificaciones de diseño a un programa entendible para la máquina<sup>10</sup>.

Al día de hoy, se ha logrado la integración de las máquinas con el software para CAD, de tal manera que, lo que se está diseñando con modelado paramétrico en tercera dimensión, se puede enviar casi directamente a las máquinas de CNC, o como mínimo obtener el programa definitivo sin tener que estar interpretando el diseño<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> SolidWorks® por ejemplo tiene módulos para análisis por elemento finito, y de sustentabilidad para la huella de carbono: <http://www.solidworks.com/sw/products/fea-cfd-simulation-software.htm>.

<sup>10</sup> La programación de máquinas CNC se realiza todavía mediante la introducción de instrucciones en una pantalla con el denominado "Código G", aunque cada vez son menos: <http://www.hemaq.com/capacitacion-maquinas-cnc.htm>

<sup>11</sup> SolidWorks® tiene un módulo adicional llamado SolidCAM Xpress el cual traduce las geometrías de las piezas y ensambles a código G: <http://www.solidcam.com/why-solidcam/postprocessors.html>.

También, es posible obtener de este modelado tridimensional virtual, un archivo entendible por los equipos de estereolitografía para utilizar la tecnología del prototipado rápido<sup>12</sup>.

Ahora bien, respondiendo en parte a la pregunta que si será favorecedora o limitará el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial, se puede afirmar que, para un estudiante de diseño industrial, el esfuerzo en el aprendizaje se deberá de incrementar<sup>13</sup> puesto que ahora no sólo se tiene que capacitar en las técnicas tradicionales, sino que, además, lo tendrá que hacer en el área de las TIC's que competen a su ejercicio profesional. Y las cuales abarcan desde las herramientas básicas, hasta software sumamente especializado.

Esto es, al rango de conocimientos que debe adquirir con la educación tradicional se le adhieren los conocimientos en materia de nuevas tecnologías de la información especializados para el diseño industrial. En cierta forma se favorecerá el aprendizaje, dado que la capacidad de recolección y manejo de información se amplía, pero, al mismo tiempo, también se ve limitado este aprendizaje al tener que retener y aplicar una mayor cantidad de conocimientos de manera simultánea.

Reconsiderando los puntos tocados respecto a la integración de las TIC's en el proceso de diseño, se puede concluir que la importancia de que se logre una alta

---

<sup>12</sup> Rhinoceros® tiene integrado un traductor para archivos STL (estereolitografía) que permite guardarlos con sólo seleccionar este formato de salida: <http://www.rhino3d.com/rp.htm>.

<sup>13</sup> Como comparativo, los planes de estudio de licenciado en diseño industrial de la UAEM pasaron de tener 60 asignaturas en su primera versión del año 1987, a 78 asignaturas en su versión actual. El total de materias relativas a TIC's pasó de 1 obligatoria a 4 obligatorias y 3 optativas.

fidelidad en el traslado de las ideas hacia modelos virtuales impacta en diversas fases de dicho proceso. En específico en las fases de síntesis, desarrollo y comunicación, ya que si no se logra obtener un modelo como se ideó la propuesta de diseño, difícilmente se podrían analizar sus ventajas, resistencia, uso, ergonomía y funcionalidad. Ni se podría lograr una comunicación adecuada de los resultados al tener un modelo virtual diferente de lo que se conceptualizó como solución de diseño.

Ahora bien, para poder entender porqué en la enseñanza de la computación y el diseño no se ha logrado que los estudiantes obtengan una alta fidelidad en el traslado mencionado, es menester conocer cómo se enseñan tanto las TIC's, como el mismo proceso de diseño industrial.

### **La enseñanza de las TIC's y del diseño industrial**

Para precisar cómo se da la enseñanza de las TIC's, se revisó bibliografía que abarca manuales de software, manuales de modelado por computadora tanto desde el punto de vista del operario como del programador, libros sobre diseño por computadora, y artículos sobre didáctica de la computación. Por otra parte, respecto a la enseñanza en diseño industrial, se retomó la teoría que articula Donald Schön, y que ha sido retomada en la licenciatura en diseño industrial del CU UAEM Zumpango, sobre la formación de profesionales reflexivos, también llamada de la *reflexión en la acción*.

## La enseñanza de las TIC's: el esquema tradicional

Respecto de la forma en que se enseñan las TIC's, se encontró que las cátedras que se imparten en los "cursos de computación" responden primordialmente a un esquema de *Habilitación en la herramienta* pues se le considera a la computadora como un recurso para apoyar el trabajo de diversa índole. Este mismo esquema es el que se tiene para la enseñanza de los oficios, dónde se adiestra al educando en la operación de los artefactos que utilizará en su trabajo cotidiano.

Así, los manuales de computación y software explican, comúnmente en el siguiente orden, un antecedente del programa, la interfaz, los parámetros de los comandos básicos, intermedios y avanzados, y un adelanto de los próximos desarrollos en el software. En algunas ocasiones explican también algunos principios generales de operación para software del mismo tipo, como en el caso de la animación virtual.

Las explicaciones de los manuales se basan en ejercicios previamente diseñados para que el estudiante conozca los efectos y opciones de los comandos, y vaya incrementando su capacidad de integrar los diferentes comandos conforme avanza en los ejercicios. Sin embargo, ningún manual explica cómo se diseñaron los ejercicios, o cómo fue que se decidió el orden en que deberían de seguirse los pasos y opciones del comando o comandos para lograr el efecto final.

Sobre esta forma de enseñanza, Carballo y Cicala (2005), citando a Susana Muraro, apuntan dos paradigmas: el paradigma de las herramientas, y el paradigma de las redes extendidas y el Internet. El primer paradigma, señalan estas autoras, "generó una tensión entre la enseñanza del manejo de herramientas informáticas, y el

empleo de las mismas en contextos de otras disciplinas”, con lo que aparecieron dos vertientes, la que buscaba la habilitación en el manejo de las herramientas sin considerar el contexto de estudio, y la que buscaba incorporar las herramientas en el desarrollo de productos para el contexto educativo específico sin considerar los conocimientos informáticos.

Sobre el segundo paradigma, de las redes y el Internet, señalan: “En este paradigma los conocimientos informáticos se reducen a realizar unas pocas tareas básicas: buscar en Internet, comunicarse por correo electrónico, chatear, etc.” Con ello, las habilidades se centran sólo en estar dentro del mundo de las redes sin considerar los aspectos cognitivos de la informática, aspecto que reduce aún más las posibilidades de desarrollar los conocimientos informáticos y mucho menos las habilidades.

Otros autores consideran paradigmas y enfoques similares, con lo que se puede concluir que la enseñanza de las TIC's se ha dirigido básicamente a la habilitación en el manejo de las mismas como una herramienta que se descontextualiza del entorno de aplicación. Cabe aquí señalar, que aun y cuando las TIC's han evolucionado hacia los entornos colaborativos<sup>14</sup>, la enseñanza de estos entornos por lo regular es materia de cursos “avanzados”.<sup>15</sup>

Ejemplos hay muchos, pero para el caso del marco de esta investigación, se

---

<sup>14</sup> Por ejemplo, SolidWorks® posee el módulo llamado “Enterprise PDM Information Management” en el cual se administra la información de los proyectos sobre redes Internet e intranet.

<sup>15</sup> El curso de PDM de SolidWorks® se lleva posterior a los 6 cursos para obtener el certificado Professional de la misma compañía.

retoma, de la unidad de aprendizaje *Dibujo por computadora*, la Estructura y el esquema de la Secuencia didáctica que se encuentran dentro del programa de estudios de dicha asignatura en el plan de estudios de la licenciatura en diseño industrial del CU UAEM Zumpango.

#### **ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE:**

- I. Configuración del programa de dibujo Diseño Asistido por Computadora (CAD).
- II. Comandos de dibujo en dos dimensiones.
- III. Comandos de edición de características de dibujos en dos dimensiones.
- IV. Comandos para modificar características de los dibujos en dos dimensiones.
- V. Comandos y herramientas de dibujo en tres dimensiones.
- VI. Comandos de edición de características de dibujos en tres dimensiones.
- VII. Comandos de características para renderizado.
- VIII. Instalación y configuración del sistema de impresión en gran formato.
- IX. Comandos de importación y exportación de gráficos en dos y tres dimensiones.

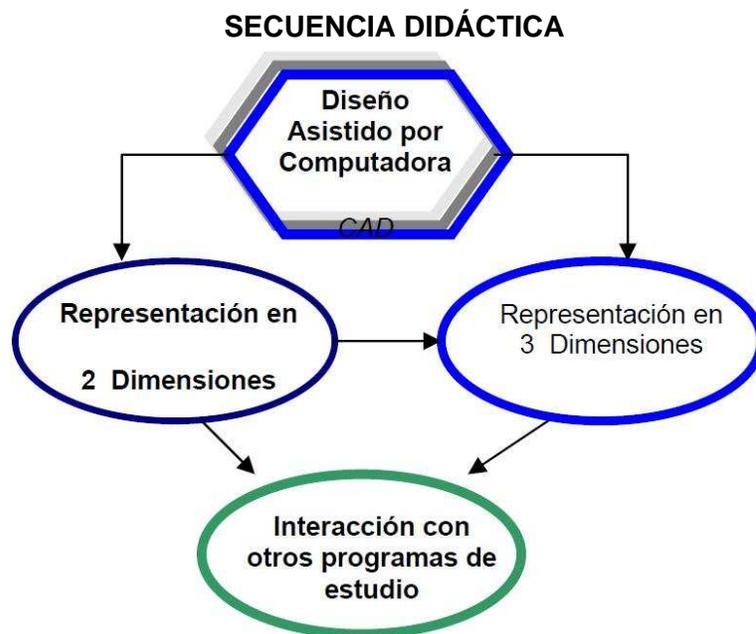


Figura 7. Secuencia didáctica de la U. A. Dibujo por computadora.

Como se denota, tanto en la Estructura de la Unidad de Aprendizaje como en la Secuencia Didáctica mostradas, el enfoque del programa de la asignatura está en los comandos del software, no en el contexto de interacción con el diseño, o de la idea de solución de un producto para realizarse en conjunto con el software. Con ello, se puede concluir que la enseñanza de las TIC's, y más para el caso que esta investigación abordó, está desligada de la enseñanza del diseño industrial, de la cual se habla a continuación.

### **La enseñanza del diseño industrial**

De manera similar al apartado anterior, para precisar cuál es la forma en que se da la enseñanza del diseño industrial, se revisó bibliografía respecto a la enseñanza

de los diferentes aspectos que se abordan en un proyecto de diseño. Así, se revisaron desde libros sobre geometría descriptiva, hasta de bocetaje y otros temas como el dibujo al natural, incluyendo a aquellos que tratan sobre metodología del diseño.

Sin embargo, pocos autores se han abocado a identificar el esquema de enseñanza del diseño. El que se encontró como más citado es Donald A. Schön, quien en su libro *La formación de profesionales reflexivos*, presenta los resultados de una investigación realizada en la formación de los arquitectos.

En dicha investigación, encuentra que las “clases” en los talleres de diseño tienen la particularidad de que no se exponen en un esquema tradicional. Estos “Talleres” transcurren con “revisiones” en forma de un diálogo entre el profesor y el estudiante en el que, a través de lo que Schön llama *Reflexión en la praxis*, el estudiante va recibiendo del profesor una retroalimentación sobre las soluciones a los problemas de diseño.

Este autor ha sido retomado como el fundamento pedagógico en el plan de estudios de la licenciatura en diseño industrial de la UAEM, especificando que “un práctico reflexivo de la docencia” debe tener características de Competencia (disciplinaria y pedagógica), poseer un arte (de hacer y enseñar diseño), y tener capacidad de reflexión en la acción (enseñar a hacer). Al respecto Schön (1987) puntualiza que:

La reflexión en la acción, de **aprender a diseñar, genera un patrón de indagación:**

Primero, para el estudiante de diseño, existe una situación de la acción a la que responde espontánea y rutinariamente, el conocimiento en la acción es tácito, formulado espontáneamente sin una reflexión consciente, y además funciona,

produciendo resultados esperados, dentro de los límites de aquello que hemos aprendido a considerar como normal.

Segundo, las respuestas rutinarias producen una sorpresa, un resultado inesperado (un error sugiere una forma diferente), agradable o desagradable, que no corresponde a las categorías de nuestro conocimiento; esta sorpresa nos ha llamado la atención. Tercero, la sorpresa conduce a una reflexión dentro de una acción presente; en alguna medida consciente, a veces no necesariamente produce palabras, nuestro pensamiento se vuelve sobre el fenómeno que nos sorprende, puede ser un error, y en simultáneo, sobre sí mismo y cambiar nuestra intención original de forma o detalle.

Cuarto, la reflexión posee una función crítica, y pone en cuestión la estructura de suposición del conocimiento del individuo en la acción; el estudiante puede reestructurar estrategias de acción, **la comprensión de fenómenos o maneras de resolver nuevos problemas de diseño**. Quinto, la reflexión da lugar para la experimentación en ese momento y sobre el objeto de diseño; surgen ideas nuevas y se prueban otras formas y acciones que pretenden explorar los fenómenos recién observados, esto posibilita al estudiante, afirmar los pasos que ha seguido para hacer que las cosas le vayan bien. La experimentación en y sobre el objeto de diseño, in situ, puede funcionar, bien en el sentido de conducir a resultados deliberados o producir sorpresas que exigen posteriores reflexiones y experimentaciones. (UAEM, 2004:67-68)

De este autor se recupera el sentido de que, si bien las disciplinas del diseño han trabajado constantemente en la reflexión en la acción, en otras áreas del conocimiento

no se realiza dicha reflexión. Por ello, una propuesta retomada es que el mismo esquema reflexivo se aplique a la resolución de problemas particulares de otras disciplinas, con lo que se tomó como fundamento para la forma de abordar la enseñanza de las TIC's en el diseño, para esta investigación.

Con este fundamento ya planteado, y al encontrar que existen varias diferencias entre los modelos de enseñanza de las TIC's y del diseño industrial, fue entonces necesario revisar si en el plan de estudios estos modelos logran tener alguna interrelación que subsane dichas diferencias. Y dado que la investigación se enfoca en el CU UAEM Zumpango, a continuación se revisa brevemente la historia de la licenciatura en diseño industrial en dicha institución, así como la evolución de los planes de estudio, para llegar al actual plan y buscar si existe esa interrelación o no.

### **Diseño Industrial en el CU UAEM Zumpango**

La licenciatura en diseño industrial dentro de la UAEM y en particular en el CU UAEM Zumpango, inicia en septiembre de 1987, cuando la entonces Facultad de Arquitectura y Arte de la UAEM, decide iniciar la Licenciatura en Diseño Industrial. De forma paralela, dan inicio las actividades del CU UAEM Zumpango (en ese momento denominado como Unidad Académica Profesional Zumpango) con la carrera de Ingeniero Agrónomo en Producción, y 5 licenciaturas: en Turismo, en Enfermería, en Ciencias Políticas y Administración Pública, en Sociología, y en Diseño Industrial. Ésta última originalmente estaba planeada como Arquitectura, pero por diversas cuestiones

de infraestructura, y al tener en ese momento sólo los semestres correspondientes al tronco común, se cambió a Diseño industrial.

A manera de contexto de evolución de los objetivos de la carrera a través de los 4 cambios del plan de estudios, a continuación se mencionan los objetivos de la licenciatura en Diseño Industrial en cada una de las tres versiones anteriores a la actual, conforme al documento del plan de estudios vigente (2004).

**Plan 01.** Febrero 1987- septiembre 1993. Este plan se realiza como un plan de estudios que en sus dos primeros semestres comprenden un tronco común, con asignaturas destinadas para las tres licenciaturas: Diseño Industrial, Diseño Gráfico y Arquitectura. La duración de la carrera era de 5 años, de los cuales 1 año era tronco común, y el 10° Semestre era para la elaboración de tesis. Se conformaba de 52 asignaturas obligatorias y 16 asignaturas optativas, de las cuales el estudiante debía seleccionar y cursar 8 de ellas. El objetivo estaba definido como: “Formar profesionales del diseño industrial acordes a las necesidades del país, de tal manera que el egresado será capaz de participar en el diseño como adecuación de tecnologías y procesos industriales que resulten estratégicos para el desarrollo regional y nacional; así como la resolución de problemas técnicos y formales de los distintos sectores que la sociedad plantee. Reflexión y actitud crítica para cumplir con su compromiso con el contexto social. Formar profesionales con alto sentido de responsabilidad, ética, servicio social y una profunda conciencia de cambio en beneficio de la sociedad mexicana. Que sean promotores de un desarrollo tecnológico nacional acorde con los hábitos de consumo de nuestra sociedad”.

**Plan 02.** Septiembre 1993- septiembre 2000. La duración de la carrera fue de 5 años, los cuales estaban enfocados a la licenciatura desde el primer semestre. La realización de la tesis se desarrolla durante el 9° y 10° Semestre. La estructura y componentes del plan de estudios estaban por: áreas de conocimiento, módulos, asignaturas, semestres, fases de integración y por último áreas de concentración. Se integraba de 55 asignaturas obligatorias y se contemplaban Diplomados, especialidades y maestría. El objetivo era: “Formar diseñadores industriales capaces de incidir en áreas tecnológicas, socioculturales, económicas y productivas, innovando y creando bienes demandados por la sociedad mexicana que coadyuven a la solución de las necesidades actuales de nuestro Estado; así como preservar y difundir los valores de la expresión material de la cultura mexicana trascendiendo regional y nacionalmente, propiciando el desarrollo y bienestar social”.

**Plan 03.** 2000 a 2004. Se conformaba por 64 asignaturas, de las cuales 12 son comunes para las cuatro licenciaturas, sin ser tronco común. El objetivo era: “Desarrollar la capacidad de búsqueda de problemas para la satisfacción de necesidades por medio de objetos tridimensionales. Desarrollar la capacidad para la conceptualización de objetos. Incrementar el valor estético en la cultura material y fomentar la difusión de éste. Actuar interdisciplinaria y multidisciplinariamente en el desarrollo de los proyectos de diseño. Incrementar el desarrollo tecnológico por medio de diseño de objetos. Fomentar el espíritu emprendedor para la creación de nuevas fuentes de empleo”.

Por lo que toca al plan de estudios actual, plantea el objetivo de “Formar profesionales del diseño industrial críticos de la cultura material, del entorno social en el que se encuentre, que lo induzca a insertarse en los diferentes medios y modos de producción de objetos manufacturados de tiraje bajo, medio o alto, con nuevas propuestas de alto equilibrio ergonómico, tecnológico y estético que reflejen la cultura de sus consumidores y usuarios, particulares o colectivos, comprometidos con el desarrollo sustentable del planeta” (UAEM, 2004:75).

Para lograr este objetivo, plantea una currícula compuesta de 420 créditos, equivalentes a 336 horas clase, repartidas en 78 asignaturas, 64 de ellas obligatorias y 14 optativas, factibles de cursarse entre 4 y 6 años. El rango de años obedece a que se trata de un plan de estudios denominado *flexible*, en el cual el estudiante, en conjunto con su tutor académico, decide la ruta a seguir en su curso por el plan de estudios. La currícula se divide en 3 núcleos que representan las etapas temporales en la formación: básico, sustantivo, e integral; y que a su vez se dividen en 3 áreas, 5 competencias y 9 subcompetencias, de la siguiente forma:

ÁREA	COMPETENCIA	SUBCOMPETENCIA
Área de diseño	Desarrollo de proyectos	Proyectual
	Comunicación y lenguajes	Expresión
Área de teoría	Contexto del diseño	Comunicación
		Sustentabilidad
		Humanística
Vínculos hombre-objeto	Ergonomía	
Área de tecnología	Tecnología y producción de la forma	Físico-matemático
		Tecnología y producción
		Económico-administrativo

En esta división, las asignaturas donde se llevan a cabo los proyectos de diseño se engloban en la subcompetencia denominada Proyectual, y las asignaturas relacionadas con las TIC's en la subcompetencia Expresión. Cabe resaltar que, aun y cuando ambas subcompetencias están en el Área de diseño, no se ha logrado que los modelos de enseñanza de las TIC's y del diseño industrial se interrelacionen, pues el esquema de plan *flexible* pone una barrera a esa interrelación, al ser el estudiante, en conjunto con su tutor académico, quien especifique que asignaturas cursar. De esta forma se fomenta la separación entre las asignaturas.

En otro aspecto, el plan de estudios define el perfil de egreso profesional mencionando que: “Un alumno egresado de la carrera de diseño industrial posee los conocimientos, habilidades y aptitudes teórico-prácticos suficientes para la configuración y materialización de nuevos objetos manufacturados que permiten un enriquecimiento de la cultura material de las sociedades en las cuales convive. Su perfil de egreso tendrá a resaltar las características de un profesional crítico y comprometido con el desarrollo sustentable, evaluando siempre los aspectos ergonómicos, tecnológicos, productivos y estéticos de los nuevos objetos que proponga, de tal forma que el resultado ofrezca un enriquecimiento de alto aporte humanístico a la sociedad” (UAEM, 1004:78).

Además, considera el mismo plan que el egresado debe de tener, al terminar su formación, las siguientes competencias profesionales:

Competencias generales genéricas, contemplan la formación y el enfoque a la adquisición de competencias profesionales genéricas o la iniciación, integrada por núcleos de conocimiento que se estructuren de manera organizada su tránsito a lo largo de su

formación, así como las formas de operación, y el sistema y ponderación crediticia, como elementos que permiten el logro de los objetivos de la transformación.

- Manejo de conocimientos declarativos, procedimentales y actitudinales (disciplinares)
- La asunción de valores personales, profesionales y sociales.
- Pensamiento crítico y solución de problemas tanto en el contexto teórico disciplinar como en el social.
- Comunicación y presentación; tales como la comprensión de textos, exposiciones orales, cultura, manejo de informática y de segundo idioma.
- Personales y sociales, como la identidad social, toma de decisiones, trabajo en equipo, liderazgo y manejo de conflictos
- Aprendizaje y su autorregulación.

También, el plan de estudios puntualiza seis tipos competencias que son específicas para el diseñador industrial egresado de la UAEM:

- **Contexto del diseño:** que están asociadas a procesos de carácter formativo, para el desarrollo de la cultura material, prevaleciendo en ellos la innovación y adecuación de las características contextuales retomando los valores.
- **Vínculos hombre objeto:** están asociadas con la aplicación de modelos que les permita analizar, ponderar y clasificar las interacciones y fisiológicas, biomecánicas, antropométricas y psicológicas del ser humano.
- **Desarrollo de proyectos:** vinculadas al conocimiento del espacio y tiempo, para planificar, estructurar y desarrollar proyectos de diseño en base a métodos, metodologías, técnicas y procedimientos para la configuración de los objetos.
- **Comunicación y lenguajes:** incluyen la capacidad para resolver e identificar problemas

a través del dominio de símbolos, a través de la comunicación e interpretación de los diferentes tipos de lenguajes.

- **Tecnología y producción:** que describen la capacidad para usar las tecnologías. Así como para planificar, analizar y evaluar los diferentes modos y medios de producción, a través de los recursos naturales, aquí destacan aspectos que van desde los algoritmos matemáticos hasta la producción de formas.

- **Implantación:** son el conjunto de habilidades donde identificarán e investigarán la estructura y funcionamiento de las empresas o grupos sociales que intervienen en la producción, distribución y consumo de las mercancías. Así como los argumentos legales o la negociación financiera.

En vista de lo anterior se puede concluir, por un lado, que la división del plan de estudios no permite que el estudiante pueda integrar los conocimientos que de una parte le dan las asignaturas de *Comunicación y lenguajes*, y de otra le dan las de *Desarrollo de proyectos*. Con ello, se limita que el estudiante pueda lograr por sí mismo esa integración, aun y cuando el profesor de diseño le pida al estudiante que utilice los visto en las asignaturas que abordan a las TIC's.

Por otro lado, con el esquema de competencias planteado, queda claro que lo que se debía buscar en esta investigación era si alguna competencia no había sido lograda por el estudiante, y era el elemento faltante. Sin embargo, como ya se explicó en la Delimitación del problema, podría no ser sólo cuestión de una competencia, sino de otro elemento que no está contemplado en el plan de estudios, el objeto de estudio de esta investigación, que a continuación se conceptualiza.

## **Construcción del objeto de estudio**

Tal y como se expuso en la *Delimitación del problema*, y en la *Hipótesis*, se identificó que lo que probablemente hace falta para que los estudiantes de diseño industrial logren transferir fielmente sus propuestas de diseño a modelos virtuales es una *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*. Como dicho concepto de la *Técnica* no se ha definido, al no haberse encontrado alguna publicación al respecto, para los propósitos de esta investigación se hizo necesaria la construcción de dicho elemento como un objeto de estudio. Esto es, se construyó el concepto de la *Técnica para la Planificación del modelado virtual*.

Dicha construcción se dividió en tres componentes conceptuales: el modelado virtual, la planificación, y la técnica. Estos elementos se definen a continuación.

### **Concepto de *modelado virtual***

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, se entiende por modelado a la “acción o efecto de modelar”, y por modelar, entre otras definiciones, a “configurar o conformar algo no material”. También define a lo virtual como “que tiene existencia aparente y no real”. Bajo estas definiciones se puede dar una primera definición de modelado virtual como *la configuración o conformación de algo no material que tiene existencia aparente y no real*. Con ello se acerca al concepto de *modelado virtual* que generalmente es entendido por el común de la gente.

Por otra parte, en Computación, en específico en CG, se ha definido al *Modelo 3D*

como “una representación esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez procesados (renderización), se convertirán en una imagen en 3D o una animación 3d” (Alegsa, 2010). También, se define al modelo virtual como el resultado de la operación del mismo software. Esto es, el software de CAD genera como producto en la computadora un *modelo virtual*. Con estos dos antecedentes, se definió al *modelado virtual*, para efectos de esta investigación, como *la operación, y al mismo tiempo el producto de la misma operación, del software CAD en el que se conforma algo no material que tiene una representación de existencia aparente*.

### **Concepto de *planificación***

Para este concepto, nuevamente se obtuvo como definición inicial la presentada por el Diccionario de la RAE, para el que la *planificación* es un “Plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado”. Diferentes disciplinas tienen muy variados conceptos de lo que es la *planificación*. Una de las más aceptadas comúnmente proviene del ámbito de la administración moderna y se equipara con la planeación, definiéndola como “fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y las determinaciones de tiempos y de números para su realización” (Reyes, 2004:244).

Otra definición menciona que es “La concepción anticipada de una actividad de acuerdo a una evaluación racional entre fines y medios. Se dice también, que la planificación es prever el futuro” (Riquelme, 2010).

Estas definiciones, y otras más, se pueden interpretar como *operativas*, ya que solo especifican el efecto. Sin embargo, en esta investigación se requirió de integrar un elemento que implicara al raciocinio, por lo que se eligió el término de *dilucidación*, que significa, según el mismo diccionario de la RAE, Acción y efecto de Declarar y explicar un asunto, una proposición o una obra de ingenio.

Así, para efectos de esta investigación se definió a la planificación como la dilucidación del proceso a seguir para obtener resultados efectivos y eficientes. Esto es, realizar un proceso racional que implica llevar a cabo acciones de análisis, síntesis y evaluación.

### **Concepto de técnica**

Aquí, se comenzó por retomar la definición básica del Diccionario de la RAE, el cual menciona que la técnica, que coincide con el sentido que se le da en esta investigación, es el “Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte”. Con ello se configuró el concepto utilizado para esta investigación, conceptualizando a la técnica como el proceso o conjunto de procedimientos para obtener algo.

### **Propuesta de la Técnica para la Planificación del Modelado Virtual**

Resumiendo, cabe precisar la definición conceptual global a la que se llegó de los conceptos antes expuestos, y que se utilizó en esta investigación. Se entiende por

*Técnica para la Planificación del Modelado Virtual al Conjunto de procedimientos específicos para la dilucidación del proceso a seguir para realizar el modelado virtual de un objeto, de forma que sea un modelado efectivo y eficiente.* Estos procedimientos implican el análisis, la planeación, organización, y estructuración de los procedimientos del proceso de modelado virtual, para su posterior ejecución en la computadora.

Para obtener una propuesta de la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* se retomó lo expuesto en el apartado de Delimitación del problema, en específico los resultados tanto de las observaciones del ejercicio de modelado, como de las preguntas desencadenadoras a los estudiantes que concluyeron el ejercicio. Ello, aunado a la experiencia personal del autor de esta tesis en materia de modelado por computadora, permitió definir una primera propuesta del conjunto de procedimientos necesarios que es la que se sometió a experimentación.

De esta forma, la **propuesta** de la ***Técnica para la planificación del modelado virtual***, se compone de los siguientes procedimientos:

- |    |   |
|----|---|
| 1. | Realizar un boceto a mano alzada del objeto en vista tridimensional, ya sea en perspectiva o en isométrico.   |
| 2. | Convertir la vista tridimensional del objeto en bocetos a mano alzada de vistas ortogonales con dimensiones a detalle, auxiliándose de instrumentos de medición y escala. |
| 3. | Generar bocetos a mano alzada de vistas auxiliares, en caso de que algunas  |

dimensiones estén ocultas o no estén presentadas en su dimensión real. Se puede auxiliar de instrumentos de dibujo y medición.

**4.** Analizar mediante bocetos a mano alzada la construcción geométrica del objeto.

**5.** Generar la planificación del modelado, a través de bocetar a mano alzada el proceso de modelado tal y como se realizaría en la computadora. Con estos bocetos, planear que herramientas y comandos se utilizarían, organizar cuál sería el orden de estos comandos, y estructurar los elementos auxiliares que se necesitarían. Como resultado se espera algo parecido a un story board del proceso de modelado en la computadora, y auxiliándose de especificaciones de los comandos, lo cual es la representación gráfica de la planificación.

**6.** Ejecutar la planificación del modelado, obtenida en el procedimiento anterior, en el programa para CAD.

Para ejemplificar la Técnica, se muestra a continuación el resultado del grupo de procedimientos obtenido por el autor de esta tesis, tomando como referencia un objeto sencillo, un gancho adherible para colgar ropa:

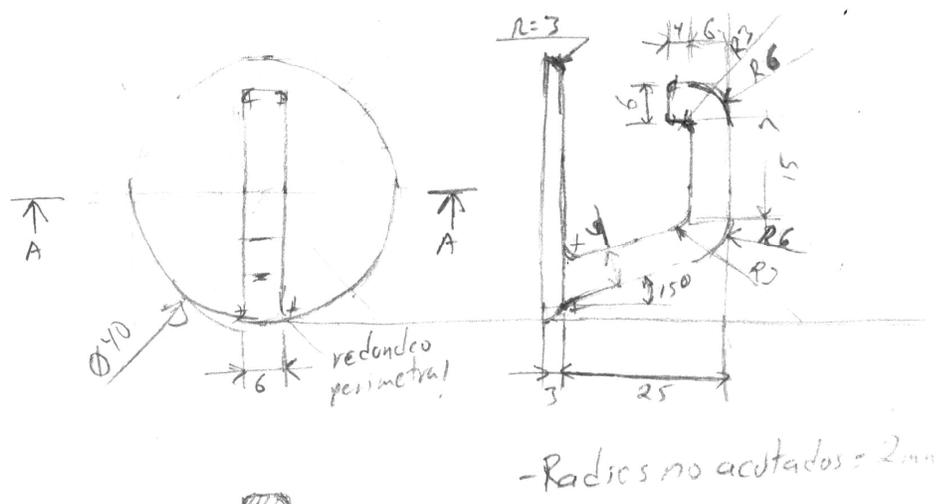
**1.** Realizar un boceto a mano alzada del objeto en vista tridimensional, ya sea en perspectiva o en isométrico.

En este caso, se realizó el boceto del gancho, considerando su posición funcional:



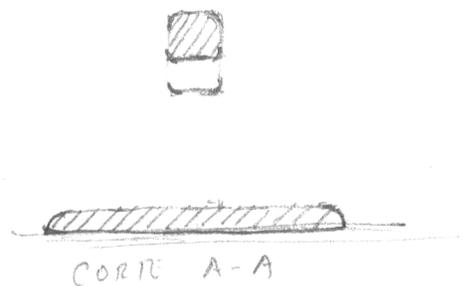
2. Convertir la vista tridimensional del objeto en bocetos a mano alzada de vistas ortogonales con dimensiones a detalle, auxiliándose de instrumentos de medición y escala.

Aquí, se trasladó el boceto a 2 vistas ortogonales, y se acotaron las dimensiones del objeto:



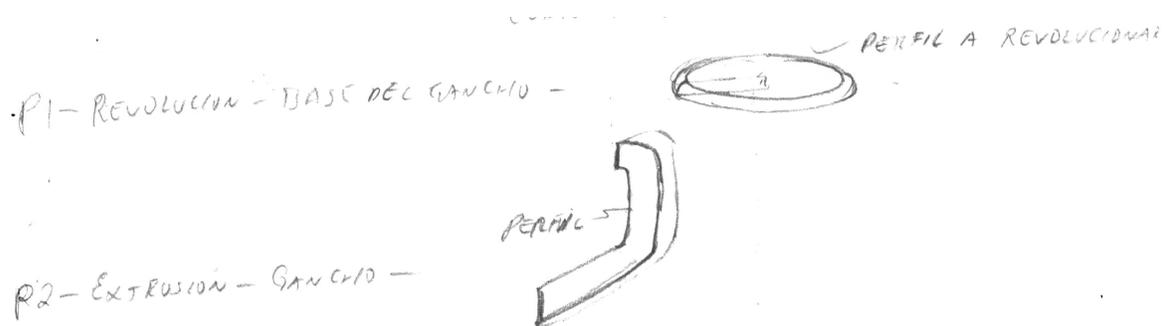
3. Generar bocetos a mano alzada de vistas auxiliares, en caso de que algunas dimensiones estén ocultas o no estén presentadas en su dimensión real. Se puede auxiliar de instrumentos de dibujo y medición.

Para el caso del gancho no se requerían de vistas auxiliares, pero a modo de ejemplo se dibujó un corte del gancho para precisar que es una pieza sólida:

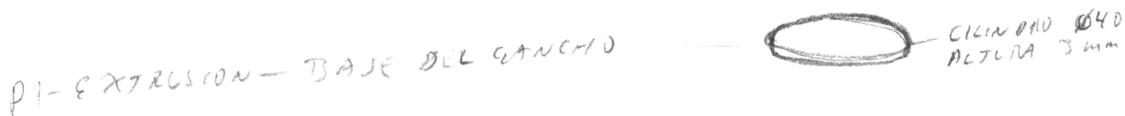


4. Analizar mediante bocetos a mano alzada la construcción geométrica del objeto.

Aquí, se dividió al gancho en dos elementos geométricos y se identificó que uno de ellos corresponde a una figura de revolución y otro a una de extensión, o extrusión.



Cómo alternativa, también se puede considerar que el elemento de revolución puede ser uno de extrusión, ya que un cilindro tiene esa cualidad, sin embargo, como se verá más adelante durante la experimentación, corresponde a la visualización de quien utiliza la *Técnica*, la forma en que proyecta la generación de cada elemento:



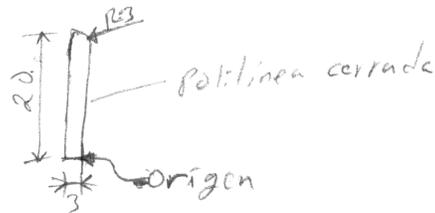
5. Generar la planificación del modelado, a través de bocetar a mano alzada el proceso de modelado tal y como se realizaría en la computadora. Con estos bocetos, planear que herramientas y comandos se utilizarían, organizar cuál sería el orden de estos comandos, y estructurar los elementos auxiliares que se necesitarían. Como resultado se espera algo parecido a un story board del proceso de modelado en la computadora, y auxiliándose de especificaciones de los comandos, lo cual es la representación gráfica de la planificación.

En el caso del gancho, los bocetos de la planificación corresponden a los siguientes comandos y auxiliares necesarios para el proceso de modelado del gancho:

- A) Generar el perfil de la base para revolución en el plano lateral. Aquí se resaltan las dimensiones del perfil, el tipo de línea a utilizar, y se señala el origen 0,0,0 del perfil, punto importante que se decide para eficientar más el modelado. Si este origen no se señala, los siguientes pasos podrían modificar la forma final del producto. También es importante señalar el plano de trabajo para que el modelado al final se ubique en la posición funcional bocetada de inicio:

## PLANIFICACIÓN:

- ① Generar el perfil de la base para revolución en el plano lateral



- B) Realizar la revolución del perfil de la base:

- ② Realizar la revolución del perfil de la Base



- C) Generar el perfil del gancho (parte 2) para extrusión en el plano lateral. Aquí es donde se especifica más los pasos a seguir en el proceso de modelado, ya que la figura del gancho lleva alguna complicación al momento de generarlo. El perfil corresponde con ciertas limitantes en cuanto a las dimensiones, y al realizar la planeación del perfil se define como resolver estas limitantes. En el boceto se han especificado tanto la secuencia de líneas como los auxiliares en el dibujo y algunas notas sobre el uso de los comandos.



- ③ Generar el perfil de l Gancho para extrusión en el plano lateral
- Es dar ángulo de la línea de inicio (coordenada polar
  - Distancia del origen hacia abajo 15 mm para iniciar el perfil
  - Hacer redondeos después de dibujar el perfil
  - SECUENCIA DEL PERFIL - ① → ⑧
  - Para ① Hacer 2 líneas auxiliares a  $90^\circ$  para ubicar la distancia, luego generar la línea a  $15^\circ$  de forma que atraviese la vertical y utilizar TRIM para recortar al tamaño
  - Para ② Hacer OFFSET de ① con 6 mm de distancia
  - Para ③ Redondear (FILLET) con 6 mm de radio
  - Para ④ Hacer línea desde final del redondeo hasta 21 mm a  $90^\circ$
  - ⑤ @  $10 < 180$ , ⑥ @  $6 < 270$ , ⑦ @  $2 < 0$ , ⑧ @  $18 < 270$  intersectando con ④
  - Redondear



D) Extruir el perfil por mitad (hacia cada lado) o extruir hacia +6 y luego mover en sentido negativo o contrario a la extrusión 3 mm.

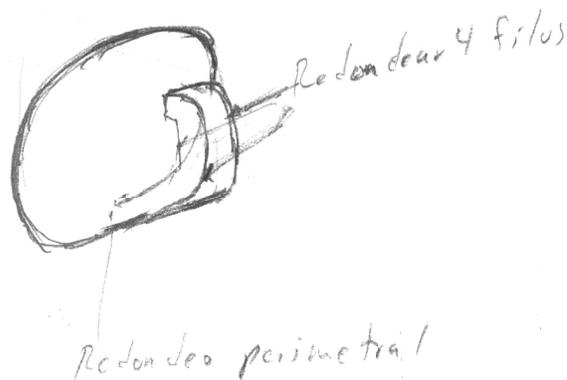
④ EXTRUIR POR MITAD - 0 - EXTRUIR HACIA +6 y luego mover -3

E) Unir parte 1 (base) y parte 2 (gancho)

⑤ Unir Parte 1 y Parte 2

⑥ Hacer redondeo perimetral de la unión de Parte 1 y Parte 2

⑦ Hacer redondeos del gancho en su Aristas



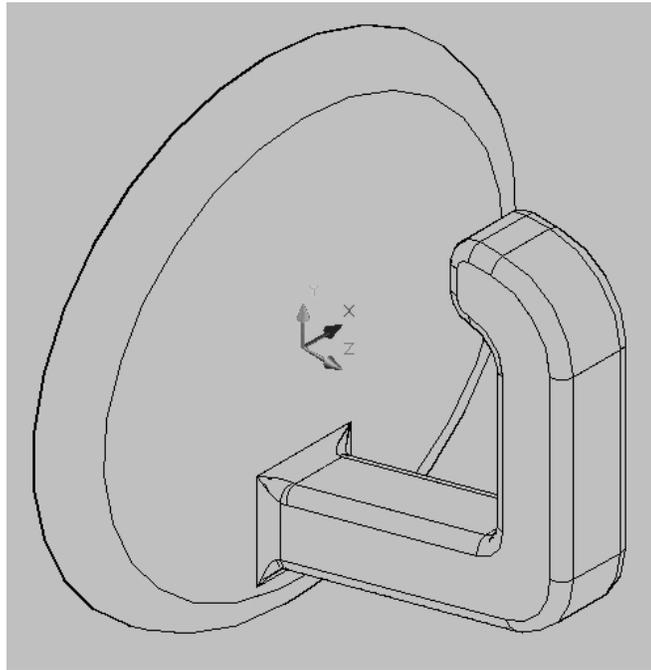
F) Hacer el redondeo perimetral de la unión de la Parte 1 con la Parte 2.

G) Hacer los redondeos al gancho en las aristas generadas por la extrusión.

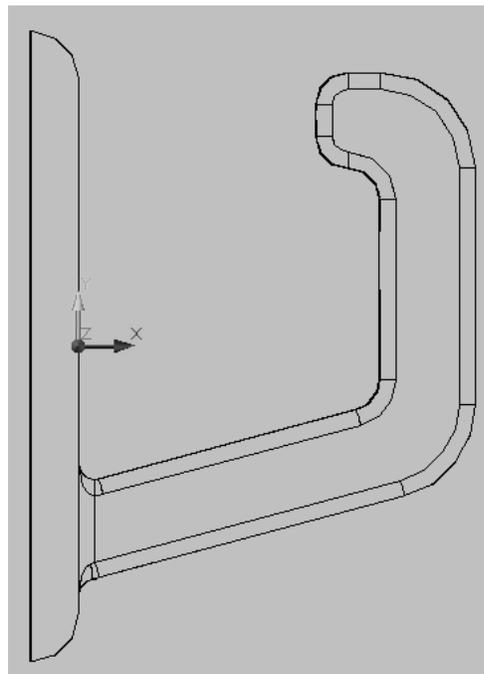
6. Ejecutar la planificación del modelado en el programa para CAD.

A continuación se presenta el resultado final de aplicar la planificación obtenida en el paso 5 de la *Técnica* en el programa Autocad v.2008. El tiempo de realización de este modelo en la computadora, por parte del autor de esta tesis, fue de 22 minutos, mientras que realizar los bocetos y la planeación se llevaron 30 minutos:

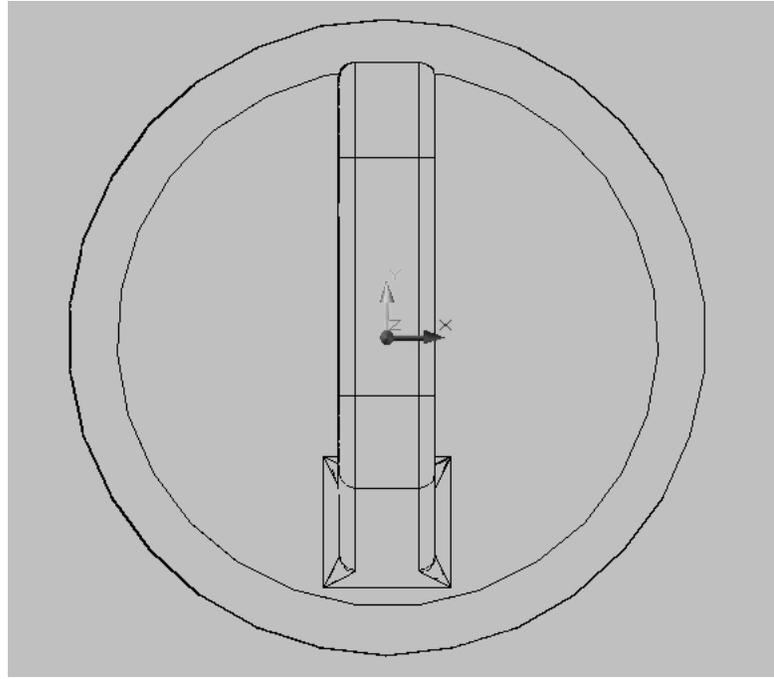
Isométrico:



Vista lateral:



Vista frontal:



El resultado del modelado es fiel al concepto de la idea original, al considerar que se han respetado todos los elementos de configuración formales del mismo, ya que al modelar el objeto se siguió paso a paso el resultado de la planeación para obtener el modelo final.

La *Técnica* descrita debería de alguna forma poderse transmitir a los estudiantes para que se pudiera analizar su efecto. Por ello, a continuación se expone cómo se eligió el método para implantar la *Técnica* a un grupo de estudiantes.

## **Método de implantación de la *Técnica***

La *Técnica*, para que pudiera ser estudiada dentro de la investigación, debería ser transmitida a los estudiantes. Por lo tanto, se definió que la mejor forma sería a través de una *Intervención didáctica*. Respecto a una concepción de la *Intervención didáctica*, también denominada psicopedagógica, Bautista (citado en Martínez, 2002) concibe a la intervención psicopedagógica dentro de los centros educativos como aquel trabajo que contribuye a proponer soluciones a determinados problemas, y prevenir que se presenten otros, al mismo tiempo que la educación que en ellos se imparte esté cada vez más adaptada a las necesidades de los alumnos. Esta concepción la colocó como una forma apropiada de implantación de la técnica en los estudiantes.

Ahora bien, dados los fundamentos de la enseñanza del diseño con aplicación en la enseñanza de las TIC's y las características generales de la intervención didáctica, se consideró que el método más adecuado para aplicarse dentro de la misma intervención es el de la *instrucción directa*. Este método de instrucción directa, como lo refiere Rizo (2004), involucra “un tema didáctico central, una secuenciación precisa del contenido, una alta implicación del alumno, un cuidadoso control del profesor y una retroalimentación correctiva específica por los estudiantes”.

Y continua Rizo:

El profesor, dentro de este modelo, dice a los estudiantes cómo ejecutar las estrategias requeridas, proporciona explicaciones explícitas acerca de la ejecución de los procesos componentes y da una información detallada sobre cuándo y cómo aplicar las estrategias.

Incluye, asimismo, ejemplos concretos, modelado y práctica a partir de una planificación cuidadosa de las explicaciones y demostraciones.

Bajo este esquema, Rizo menciona que Baumann ilustra este modelo mediante la secuencia de pasos que debe contemplar la secuencia instruccional, los cuales son:

1) Introducción. Se comunica a los estudiantes el objetivo de la lección y se les explica la utilidad que ha de tener para ellos la adquisición de la habilidad que se propone.

2) Ejemplo. Esta fase constituye una prolongación de la anterior y consiste en mostrar una parte del texto con el que se ha de realizar la instrucción, en el que se contemple la habilidad-objeto de la instrucción, con el fin de que los sujetos entiendan prácticamente la explicación previa.

3) Instrucción directa. Es la fase central de la instrucción. En ella el profesor modela ante los estudiantes la estrategia que han de adquirir los estudiantes proporcionando todos los pasos de la estrategia que se pretende enseñar. En estos tres pasos la responsabilidad cae fundamentalmente en el profesor, quien trata de proporcionar la estructura o el método al cual deben remitirse los estudiantes cuando ejecuten las estrategias de forma independiente.

4) Aplicación dirigida por el profesor. Se trata de guiar a los estudiantes en un ejercicio similar al que han visto ejecutar por el profesor. De esta forma, la responsabilidad comienza a ser transferida a los estudiantes, pero bajo un control del profesor que le permita asegurar el éxito de la tarea proporcionando continua retroalimentación a los muchachos.

5) Práctica independiente. La responsabilidad de la ejecución va pasando progresivamente a los estudiantes, quienes finalmente deberán ser capaces de ejecutar la tarea de forma independiente.

Visto lo anterior, y habiendo considerado que los pasos de este modelo de instrucción directa eran adecuados, estos fueron los que se incorporaron dentro del diseño experimental seleccionado. De esta manera, a continuación se presentan, en el siguiente capítulo, los detalles del método y del procedimiento seguidos en la investigación.

## CAPÍTULO 2

# MÉTODO

HIPÓTESIS

ESTABLECIMIENTO DEL UNIVERSO DE ESTUDIO:  
ESTUDIANTES DEL 5° PERÍODO DE LA LICENCIATURA EN DISEÑO  
INDUSTRIAL DEL CU UAEM ZUMPANGO

EXPLORACIÓN DE CONOCIMIENTOS DEL UNIVERSO DE ESTUDIO

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN:  
EXPERIMENTAL DE POSTEST CON GRUPO DE CONTROL

DIVISIÓN ALEATORIA	G1	X	O1
	G2	--	O2

X= TRATAMIENTO:  
- INTERVENCIÓN DIDÁCTICA -  
INSTRUCCIÓN DIRECTA DE  
LA *TÉCNICA PARA LA  
PLANIFICACIÓN DEL  
MODELADO VIRTUAL*

PROCEDIMIENTO:

1. DIVISIÓN ALEATORIA DE LOS GRUPOS
2. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA, DEL EJERCICIO DE MODELADO VIRTUAL PARA EL POSTEST Y DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 3. REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO**
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



## Capítulo 2. Método

En este capítulo se expone el método de la investigación, comenzando con las hipótesis derivadas de la pregunta de investigación y sus variables, el establecimiento del universo de estudio y la determinación del tipo de investigación a realizar. Con ello se definió el diseño de investigación a utilizar, con cada uno de los elementos necesarios, para finalmente presentar el procedimiento seguido en la investigación.

### Enunciado de las Hipótesis

Con base en lo hasta ahora expuesto, la investigación se enfocó hacia comprobar que la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* puede mejorar la fidelidad en la transferencia de las ideas hacia modelos virtuales. Bajo esta premisa, las hipótesis de trabajo definidas fueron las siguientes:

H1. Cuando los estudiantes de la carrera de Licenciado en diseño industrial del CU UAEM Zumpango aplican la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, mejora la fidelidad en la transferencia de sus propuestas de diseño hacia modelos virtuales

H2. Si la hipótesis anterior ocurre, entonces la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* ayuda a realizar un modelado virtual efectivo (concluirlo) y eficiente (tiempo).

Ahora bien, para demostrar las hipótesis de trabajo se requiere comprobar una a la vez, ya que la segunda hipótesis es dependiente de la primera. Por lo tanto, al comprobar o negar la primera hipótesis, la segunda se comprobaría o negaría en consecuencia.

En este sentido, una forma de comprobar la primera hipótesis, como se indagó en la literatura especializada (Buendía, 1998; Hernández, 1997), es por medio de un diseño de investigación de tipo experimental. Pero antes, como paso previo al detalle del diseño de investigación, se precisaron las variables de la investigación.

### **Variables de la investigación**

En este trabajo, las variables se definieron a partir de la *Hipótesis*, ya que se encontraban implícitas. Estas variables denotaron una relación directa, en donde la presencia de una generaba la presencia de la otra. Como resultado de esta reflexión, se determinó que las variables dependiente e independiente para el trabajo de investigación deberían ser las siguientes:

Variable Independiente: la aplicación de la *Técnica para la planificación del modelado virtual* por parte del estudiante.

Variable Dependiente: la mejora de la fidelidad en la transferencia de las propuestas de diseño a modelos virtuales.

Tales variables deberían de demostrar su correlación en un *Universo de estudio*

para de esta forma comprobar la *Hipótesis* de la investigación. Por lo tanto, a continuación se puntualiza cual fue dicho Universo de estudio.

### **Establecimiento del Universo de estudio**

Derivado de que esta investigación se enfocó al Centro Universitario UAEM Zumpango, y por el hecho de que se tienen estudiantes de los diferentes períodos o grados escolares con muy diversos conocimientos, se estableció que el universo de estudio fuera solamente un grupo de estudiantes, el que se encontraba en el nivel intermedio de la carrera, esto es, el grupo del 5<sup>o</sup> período. La carrera consta de entre 8 y 12 períodos, cómo se puntualizó en el capítulo anterior, y la trayectoria ideal considera un total de 10 períodos.

Los motivos principales para elegir a este grupo fueron:

- Ya recibieron y aprobaron el curso de Autocad 2D y 3D en el 4<sup>o</sup> período
- Recibieron un curso de Rhinoceros y uno de 3DStudio Max para ilustración virtual.
- Cursaron y aprobaron al menos 3 talleres de diseño, más los cursos de *Fundamentos del diseño, Estrategias del pensamiento, Metodología y Conceptuación del diseño.*
- Tenían ya más del 50% de créditos de la carrera.
- De acuerdo con los resultados presentados en el último taller de diseño cursado, no habían logrado un nivel suficiente de fidelidad en el modelado

virtual que permita al menos una buena representación de las ideas. El ejemplo inicial del desmenuzador de pollo fue uno de los proyectos con mejor desempeño.

- Fueron entusiastas y mostraron interés en participar en la investigación.
- Era un grupo pequeño, lo que permitió controlar mejor las variables del entorno.

El grupo en total, y por ende el universo de estudio, constó de 11 estudiantes, y con ellos se realizó la investigación. Ahora, puesto que una variable importante que debía ser controlada era la relacionada con los conocimientos de los estudiantes acerca del software CAD, se requirió de explorar tales conocimientos, acción que se describe en el siguiente apartado.

### **Exploración de conocimientos del Universo de estudio**

Debido a que en la investigación se requirió controlar la mayor cantidad posible de variables, se definió que se necesitaba precisar qué nivel de conocimientos tenían los estudiantes sobre el manejo del software Autocad v.2008. Este es el software en el que en ese momento los estudiantes habían sido capacitados para llevar a cabo el modelado virtual. Algunos de los estudiantes habían llevado también algunas clases con el software Rhinoceros, y con el software 3dStudioMax, pero se considera que, al tener más tiempo utilizando Autocad que otro software, tenían mayor posibilidad de acertar en el manejo del mismo.

Por estas razones, se diseñó y aplicó un cuestionario a los estudiantes del universo de estudio, el cual tuvo como objetivo conocer cuáles eran los conocimientos con que contaban los estudiantes, para no colocar algún ejercicio que, por falta de conocimientos, los estudiantes no pudieran realizar, y así lograr controlar la variable del nivel de conocimientos para que no influyera.

### **La conformación del cuestionario exploratorio de conocimientos**

El cuestionario se diseñó en tres secciones (Anexo 4), y pasó por las siguientes fases. Primero se planteó lo que se requería conocer de los estudiantes, en este caso sus conocimientos acerca de los comandos para modelar en 3d y su operación. Después, se seleccionaron los comandos que se utilizan durante el modelado en 3d. Como también con autocad se puede realizar tanto modelado con sólidos como con superficies, se seleccionaron también los comandos de modelado por superficies. Luego, se seleccionaron aquellos comandos que tienen que ver con la edición de los modelos, y algunos comandos para figuras especiales, como los helicoides.

Como se buscaba que los estudiantes identificaran cuáles son los comandos, únicamente se colocaron los íconos que los representan. Pero, como además el programa, al colocar el puntero sobre el icono despliega el nombre del comando, se colocó el nombre del mismo.

Y ya que también se necesitaba identificar a los conocimientos generales acerca del entorno de modelado 3d de autocad, se decidió integrar preguntas abiertas acerca de los elementos que componen dicho entorno. Debido a que algunas preguntas

podían tener muchas posibles respuestas, se colocaron dos de las mismas como de opción múltiple para limitarlas.

Por último, se integró al inicio del cuestionario la parte de presentación y de recopilación de datos generales para llevar el control de los cuestionarios. Así el cuestionario quedó organizado de la siguiente forma.

La primera sección se refirió a la presentación, y tuvo un apartado de recopilación de datos generales. Se pidió el nombre del estudiante para, en caso necesario, llevar un seguimiento posterior; el último período cursado para que no se mezclaran con otro grupo de otro período escolar, y el género por si llegara a ser necesaria la segmentación por género, aunque la cantidad de mujeres era muy baja en comparación con la de hombres.

La segunda sección fueron preguntas relativas a conocimientos generales del software y tuvo dos apartados, el primero con dos preguntas de opción múltiple relativas, la primera al entorno de trabajo para identificar si conocían dicho entorno; y la segunda pregunta enfocada a identificar si conocían un tipo especial de curvas no geométricas que se utilizan para dibujar y modelar formas “orgánicas”.

En el segundo apartado de esta sección, se integraron preguntas abiertas acerca de:

- los sistemas de coordenadas para identificar si distinguían entre el sistema de coordenadas universal y el sistema de coordenadas personales;
- los tipos de unidades en autocad, para identificar si distinguían entre lo que son las unidades de medida y las unidades de dibujo;
- los tipos de coordenadas (diferentes a los sistemas de coordenadas) para

identificar si distinguían entre coordenadas absolutas y relativas, y entre coordenadas cartesianas y polares;

- las ayudas para dibujar y modelar con las que cuenta el programa, específicamente sobre las restricciones ortogonales, y de referencia a entidades.

La tercera sección contuvo una tabla con los íconos de los 68 comandos que se podrían utilizar durante el proceso de modelado en 3d en autocad. Estuvo compuesto por 4 columnas en donde las columnas 1 y 3 contenían los íconos, las columnas 2 y 4 el nombre con el que se identifican los comandos en autocad, y espacios para que el estudiante escribiera la función o efecto que se genera al utilizar el comando asociado al ícono. Esto permitiría identificar cual es el nivel de conocimientos respecto al manejo de los comandos para modelado en 3d en autocad.

Aunque visualmente no se ha representado así, la tabla mencionada estuvo dividida en 14 apartados que agrupan a los comandos de acuerdo con las acciones generales que realizan:

- Apartado 1. Corresponde a la primera línea y tiene dos comandos que se utilizan para realizar helicoides.
- Apartado 2. Tres comandos utilizados para generar sólidos especiales.
- Apartado 3. 11 comandos para manejar el sistema de coordenadas de autocad.
- Apartado 4. 8 comandos para generar 8 primitivas de sólidos de autocad.
- Apartado 5. 7 comandos para generar sólidos a partir de figuras en 2d.
- Apartado 6. 2 comandos utilizados para mover y rotar los objetos en 3d.
- Apartado 7. 6 comandos para editar sólidos.

- Apartado 8. 3 comandos para realizar operaciones booleanas.
- Apartado 9. 5 comandos de edición avanzada de sólidos.
- Apartado 10. 2 comandos para editar esquinas por empalme o chaflán.
- Apartado 11. 3 comandos para edición en 2d por matriz, simetría y desfase.
- Apartado 12. 2 comandos que permiten transformar de modelo de superficies a sólido y viceversa.
- Apartado 13. 8 comandos para generar primitivas de modelos por superficies.
- Apartado 14. 6 comandos para generar modelos por superficies.

Se incluyó un apartado de edición en 2d para verificar que los estudiantes conocieran los medios de edición bidimensionales necesarios para modelar algunos objetos de mediana complejidad. También se incluyó un apartado de comandos para modelado por superficies, para verificar si los estudiantes distinguían entre modelado por superficies y modelado de sólidos.

Con estas preguntas se consideró que se lograba el objetivo planteado para el cuestionario. Cabe precisar que no se incluyeron preguntas acerca de la generación de figuras en 2d, ya que no se pretendía utilizar figuras de este tipo que fueran complejas.

### **Aplicación del cuestionario exploratorio**

El cuestionario se aplicó cuando los estudiantes ya habían presentado su último examen del ciclo escolar, con la finalidad de que ellos no tuvieran presión por otros

exámenes. Por cuestiones particulares, un estudiante del universo de estudio resultó exento de la presentación de exámenes ese día, por lo que el cuestionario se aplicó a 10 de los 11 estudiantes.

No se les informó con anterioridad del contenido del cuestionario, para que las respuestas fueran las que tenían más presentes, sin que tuvieran que *prepararse* para el examen como en los exámenes calendarizados de las materias del período. Se les informó del propósito del cuestionario, con lo que se evitó ejercer presión por cuestiones de calificación, se les dio tiempo libre para contestarlo y se les pidió que aquello que desconocieran lo dejaran en blanco.

### **Resultados del cuestionario exploratorio**

Con los cuestionarios contestados, se realizó un análisis que permitió encontrar los límites en los conocimientos de comandos para modelar con el software AutoCad versión 2008, donde los resultados fueron los siguientes:

Total de cuestionarios aplicados: 10

Por género                      Masculino: 8                      Femenino: 2

Total de ítems: 75

Total de ítems con 70% o más estudiantes que contestaron correctamente: 16

Tabla de frecuencias de respuestas correctas en el Universo de estudio. Aquellas con 70% o más del universo de estudio, que respondió correctamente a la pregunta, se han señalado en negrita.

Pregunta	Cantidad de respuestas correctas	% de respuestas correctas
Segunda Sección. Primer apartado.		
1. ¿Cuál es el nombre con el que se denomina al espacio de trabajo que tiene Autocad específicamente determinado para modelar objetos en tres dimensiones?	<b>10</b>	<b>100%</b>
2. ¿Qué es una Spline?	4	40%
Segunda Sección. Segundo apartado.		
3. ¿Cuál es el nombre de los 2 sistemas de coordenadas que se pueden utilizar en Autocad?	0	0%
4. ¿Cuál es la principal diferencia entre unidades de medida y unidades de dibujo?	2	20%
5. ¿Cuáles son los 4 tipos de coordenadas que se pueden utilizar en Autocad?	0	0%
6. ¿Qué significan las palabras Orto y Refent (OSnap)?	<b>7</b>	<b>70%</b>
	2	20%
Tercera Sección. Listado de comandos.		
Apartado 1. Helicoides.		
2D Spiral	6	60%

Cylindrical Helix	6	60%
Apartado 2. Sólidos especiales.		
Elliptical Cylinder	4	40%
Frustum Cone	5	50%
Frustum Pyramid	6	60%
Apartado 3. Sistemas de coordenadas.		
UCS	0	0%
Move UCS	0	0%
UCS 3 Point	0	0%
UCS Face	0	0%
UCS Object	0	0%
UCS Origin	0	0%
UCS View	0	0%
UCS World	0	0%
UCS X	0	0%
UCS Z Axis Vector	0	0%
UCS Previous	1	10%
Apartado 4. Primitivas de sólidos.		
Polysolid	1	10%
Box	<b>10</b>	<b>100%</b>
Wedge	1	10%
Cone	<b>10</b>	<b>100%</b>

Sphere	<b>10</b>	<b>100%</b>
Cylinder	<b>10</b>	<b>100%</b>
Pyramid	<b>9</b>	<b>90%</b>
Torus	5	50%
Apartado 5. Sólidos de figuras 2D.		
3D Align	1	10%
Extrude Face	<b>9</b>	<b>90%</b>
Presspull	0	0%
Revolve	<b>9</b>	<b>90%</b>
Sweep	4	40%
Loft	2	20%
Planar Surface	2	20%
Apartado 6. Manipulación en 3D.		
3D Move	3	30%
3D Rotate	5	50%
Apartado 7. Edición de sólidos.		
Move Faces	0	0%
Offset Faces	6	60%
Rotate Faces	1	10%
Separate	3	30%
Taper Faces	0	0%
Shell	0	0%

Apartado 8. Operaciones Booleanas.		
Union	<b>10</b>	<b>100%</b>
Substract	<b>10</b>	<b>100%</b>
Intersect	<b>8</b>	<b>80%</b>
Apartado 9. Edición avanzada de sólidos.		
Section Plane	0	0%
Flatshot	0	0%
Interference Checking	0	0%
Slice	3	30%
Thicken	0	0%
Apartado 10. Edición de aristas.		
Fillet	<b>8</b>	<b>80%</b>
Chamfer	<b>9</b>	<b>90%</b>
Apartado 11. Transformaciones.		
Array	6	60%
Mirror	<b>9</b>	<b>90%</b>
Offset	<b>9</b>	<b>90%</b>
Apartado 12. Conversiones.		
Convert to Solid	0	0%
Convert to Surface	0	0%
Apartado 13. Primitivas de superficies.		
Dish	1	10%

Dome	1	10%
Sphere	1	10%
Box	1	10%
Cone	1	10%
Torus	1	10%
Wedge	0	0%
Donut	0	0%
Apartado 14. Generación de modelos por superficies.		
3D Face	0	0%
3D Mexh	0	0%
Edge Surface	0	0%
Revolved Surface	1	10%
Ruled Surface	0	0%
Tabulated Surface	0	0%

De la tabla de repuestas al total de las preguntas del cuestionario se infirió que los estudiantes del universo:

- a) Desconocían lo referente al modelado con superficies y su edición.
- b) Desconocían el trabajo mediante los sistemas de coordenadas de autocad, tanto las universales como las personales.
- c) Sabían trabajar con 5 de las 8 primitivas básicas de sólidos.
- d) La mayoría desconocía como trabajar con primitivas de sólidos no básicas.

- e) Desconocían que hay diferencias entre las unidades de medida y las unidades de dibujo en autocad.
- f) Desconocían que existen los tipos de coordenadas absolutas, relativas, ortogonales y polares, lo que implica que sólo trabajen con alguna o algunas de ellas.
- g) Sabían trabajar con el auxiliar ortogonal, pero tuvieron confusión con el auxiliar de referencia a entidades.
- h) Conocían las dos principales operaciones de generación de sólidos no primitivos.
- i) Desconocían como mover y rotar los sólidos en el espacio.
- j) Desconocían como editar sólidos tanto en forma básica como avanzada.
- k) Conocían las tres operaciones booleanas.
- l) A excepción del comando de arreglo matricial, conocían los comandos para transformaciones en 2D.
- m) Conocían los comandos para la edición de aristas.
- n) En lo general, tenían una calificación mínima para el modelado con sólidos en 3D con el software autocad versión 2008.

Con estos resultados se dedujo que los estudiantes desconocían muchas de las características del programa Autocad, aún y cuando ya llevaron el curso correspondiente. Por ello, y para que no existieran repercusiones en los resultados de la investigación por influencia de la variable *conocimiento del programa*, se definió que el ejercicio de modelado que podrían reañizar debería ser con algún modelo de baja

complejidad formal, en el cual sólo se utilizaran comandos de creación de figuras en 2D, edición de aristas, creación de Primitivas de sólidos, generación de sólidos no primitivos, transformaciones, y operaciones booleanas. Después de revisar entre los objetos cotidianos, se encontró que una tapa para termo cumplía con estos requisitos.

### **Determinación del Tipo de investigación**

Buscando lograr los objetivos generales de la investigación y la comprobación de las hipótesis de trabajo, se buscó en la literatura especializada el tipo de investigación más adecuado, resultando ser la Investigación experimental. Fue la más adecuada porque, de acuerdo con Buendía (1988:62), el experimento es un “**proceso planificado de investigar** en el que al menos una variable (llamada variable experimental o independiente) es manipulada o controlada por el investigador para ver que efectos produce en al menos otra variable llamada dependiente”. Además, “la investigación experimental es la única que permite al estudioso influir directamente sobre alguna variable y establecer de forma clara y precisa hipótesis causales” (Buendía, 1988:62)

Este tipo de investigación se basa en diversos tipos de diseño de investigación. Para el caso aquí tratado, se utilizó un diseño de tipo experimental de posttest con grupo de control, cuyos detalles se abordan en el siguiente apartado y el cual se esquematiza en la figura 6.



Figura 8. Esquema del Diseño de Investigación

### Diseño de investigación

De acuerdo con Buendía (1998) y Hernández (1997) en los diseños de tipo experimental es dónde se realiza un control de todos los factores que afectan tanto a la validez interna como a la externa. Estos aspectos ayudaron a que los diseños de tipo experimental fueran la mejor opción para el caso que se abordó.

Por la limitante de que el universo de estudio era reducido, e inducido por la dificultad de realizar una preprueba en los estudiantes, se eligió un diseño experimental de posttest con grupo de control, el cual efectúa un control sobre la validez interna en lo referente a la historia y la maduración.

Para este tipo diseño de experimento se requiere de realizar un muestreo probabilístico en el universo de estudio para separar un grupo experimental y un grupo de control. Esta selección al azar ayuda a controlar los factores de selección y mortalidad.

El esquema general de este tipo de experimentos es:

G1	X	O1
G2	—	O2

Aquí G1 es el grupo piloto y G2 es el grupo de control, X es el *tratamiento* o manipulación, y O1 y O2 son los postest a cada grupo, en los que la única diferencia es la presencia o ausencia del *tratamiento*. La comparación entre los postest nos indicaría si hubo o no efecto de la manipulación, y por lo tanto la comprobación de la o las hipótesis. Esto es, que al final se analizan los resultados para validar o rechazar la hipótesis.

Para el caso de la presente investigación, como se explicó en el capítulo anterior, el *Tratamiento* que se encontró como más adecuado es el de una *Intervención didáctica*, a través del método de *instrucción directa*, de la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*.

Con estos fundamentos, se articularon las fases seguidas para el desarrollo de la investigación, las cuales fueron:

Fase 1. División aleatoria de los grupos piloto y de control.

Fase 2. Diseño de la *intervención didáctica*, del ejercicio de modelado para la *intervención didáctica*, del postest, y del análisis de resultados, con la especificación de los elementos de apoyo.

Fase 3. Realización de la *intervención didáctica* al grupo piloto, y aplicación del postest tanto al grupo piloto, como al grupo de control.

Fase 4. Análisis de los resultados, a través de la comparación de los resultados

del postest entre el grupo experimental y el grupo de control, para verificar si existió, y en que grado, una mejora en el proceso de transferencia de la propuesta de diseño a un modelo virtual.

Las primeras 3 fases se explican en el siguiente apartado, y la fase 4 de análisis de resultados en el capítulo 3.

### **Procedimiento seguido**

En este apartado se expone como se desarrolló la investigación, desde la fase 1 a la 3 del diseño experimental planteado anteriormente. En primer lugar, en el desarrollo de la fase 1 se realizó la división aleatoria del universo, identificando a los estudiantes que compondrían a los grupos piloto y de control. En la fase 2 se diseñó en su totalidad la intervención didáctica, y paralelamente, se diseñó el postest con el análisis de resultados. Finalmente en la fase 3 se realizó el experimento. El desarrollo de todas estas actividades se describe a continuación.

#### **División aleatoria de los grupos piloto y de control**

Una vez concluido el estudio del cuestionario de conocimientos, se procedió a la división aleatoria del universo de estudiantes para integrar los grupos piloto y de control. El universo se compone de 11 estudiantes, por lo que uno de los grupos se conformó con 6 (grupo piloto) y el otro con 5 (grupo de control). Se colocaron los nombres de cada uno en papeletas y se sacaron a los 6 que integrarían al grupo

piloto, y se les identificó con un número. También se identificó con un número a los integrantes del grupo de control.

### **Diseño de la intervención didáctica**

Como se planteó en el capítulo 2, la forma de *Tratamiento* fue a través de una intervención didáctica. Los fundamentos del método de intervención didáctica ya fueron expuestos, y en este apartado se presenta el esquema que se siguió para aplicar dicho método.

La forma de la intervención didáctica sería en un curso de dos horas acerca de la *Técnica para la planificación del modelado virtual*. Luego, se aplicaría el ejercicio del posttest al grupo piloto, e inmediatamente después al grupo de control.

En específico, el procedimiento de la intervención didáctica se planeó de la siguiente forma, en concordancia con el método antes referido de *instrucción directa*.

1) Introducción. En este punto se les comunicaría a los estudiantes el motivo de la reunión, que fue la revisión de una *Técnica para la planificación del modelado virtual*, y que el impacto de esta técnica es la de incrementar su capacidad de transferir sus ideas a modelos virtuales.

2) Ejemplo. Aquí se les explicaría a los estudiantes de donde surge la propuesta de la Técnica, y que sucede cuando no se utiliza. De igual forma, se indagaría si alguno de ellos ya usa algo parecido al realizar el modelado virtual.

3) Instrucción directa. Posteriormente, en la fase central del método, se les explicaría paso a paso la Técnica y se llevaría la explicación con un ejemplo simple.

En este caso se seleccionó el gancho autoadherible para colgar con el que se ejemplificó la técnica en el capítulo anterior. Este era un objeto simple pero que implicó el que los estudiantes comprendieran los procedimientos, al realizar el análisis del mismo, y realizando la planificación correspondiente. Es el punto en el cual se iría llevando a cabo un proceso de reflexión acerca de los procedimientos de la Técnica, con lo que el estudiante debería identificar tanto la forma de realizar el paso en específico, como el porqué de la realización del paso.

4) Aplicación dirigida por el profesor. Ya aquí, se planeó que, en conjunto con los estudiantes, se realizaría un ejercicio, el cual sería el mismo del postest, pero sólo en la fase de generar la *planificación del modelado*. Con ello, se guiaría a los estudiantes en la Técnica, con lo que se transmite la responsabilidad de la *planificación* hacia los estudiantes.

5) Práctica independiente. En este punto se consideró que la realización del ejercicio del postest actuaría como práctica independiente. Esto es, que la responsabilidad de la ejecución de la *planificación* fuera totalmente de los estudiantes, dejándolos solos para que comprobaran sus nuevas capacidades en la computadora. Ellos, finalmente, deberían ser capaces de ejecutar posteriores tareas de forma independiente.

Para la realización de los pasos 1 al 4 del método descrito se utilizarían los siguientes materiales, y equipo:

1. Hojas de papel bond.
2. Lápices con goma.
3. Marcadores para pizarrón blanco.

4. Un salón de clases para poder realizar la aplicación dirigida.

5. Los planos del objeto para el paso 4 de la aplicación dirigida, y que sería el mismo a modelar virtualmente en el ejercicio del postest.

Así, se planeó en conjunto con la Coordinación de Diseño Industrial del CU UAEM Zumpango, la disponibilidad de lo antes referido en el punto 4. Respecto al punto 5, al realizar el diseño del ejercicio para la intervención, de forma paralela, se obtuvieron los planos necesarios.

Debido a que los estudiantes se encontrarían en ese momento en período intersemestral, se les citó por medio de su tutor para que asistieran en la semana de reinscripción a la realización del experimento. En este punto, ya se había considerado que los estudiantes se comunicarían entre sí por lo que no se les dijo cual iba a ser el proceso del experimento.

### **Diseño del ejercicio para la intervención didáctica**

En el paso 4 del método de instrucción directa, se requiere de un ejercicio que pueda ser llevado a cabo por los estudiantes en conjunto con el profesor. Dicho ejercicio, como ya se mencionó, sería el mismo que se utilizaría como postest, y es el que se utilizaría también para evaluar el nivel de fidelidad del modelado virtual.

El diseño de este ejercicio partió de haber ya definido el nivel de conocimiento que los estudiantes tenían respecto al software Autocad v.2008, y cuáles eran los comandos de los que conocían su operación y efectos. Este ejercicio consistiría en un ejercicio de modelado con el software Autocad versión 2008 de forma que se utilizaran

sólo los comandos que se mencionan en la tabla del apartado de *Resultados del cuestionario*, y que no requiriera de más de 20 *operaciones*.

Para esta investigación era importante mantener bajo control los posibles resultados que se obtendrían de los ejercicios. Por ello, se utilizaron las siguientes premisas durante el diseño del ejercicio:

- a) Se consideraría como una *operación* a la aplicación de un comando de modelado en 3D. De acuerdo con los resultados del cuestionario, los comandos posibles son: Box, Cone, Sphere, Cylinder, Pyramid, Extrude Face, Revolve, Union, Subtract, Intersect, Fillet, Chamfer, Mirror, Offset.
- b) También, se consideraría como una *operación* al dibujo de una figura en 2D que se utilizara posteriormente con un comando de modelado 3D. Esto implicaba que no importa cuantos comandos de dibujo en 2D se utilizaran, sólo contaría como una operación completa cuando la figura dibujada estuviera lista para utilizarse con el comando de modelado 3D.
- c) El uso de comandos inherentes al entorno de modelado tales como ajuste de las unidades, ajuste de los sistemas de coordenadas, uso de auxiliares de referencia a entidades y ortogonal, y uso de los tipos de coordenadas (polares y cartesianas) no se consideraría como una operación, en tanto que pueden formar parte del uso de alguno de los comandos para dibujo en 2D o modelado en 3D.

Con lo anterior se llegó a las siguientes determinaciones en el diseño del ejercicio:

A) Se requerirá del siguiente equipo y material:

Equipo:

1. Computadora personal de escritorio con procesador Intel Core2 Duo @ 2.2 Ghz, RAM de 2Gb, disco duro SATA de 147Gb, tarjeta de aceleración para gráficos Nvidia Quadro NVS290 con 1Gb de memoria total y 256Mb de memoria dedicada a video. Dicha computadora debería estar recién formateada y con el software reinstalado como si fuera su primer uso, para evitar posibles problemas por virus o programas no deseados.
2. Software Windows Vista Profesional actualizado.
3. Software Autocad v.2008.
4. Memorias USB nuevas para la transferencia de los archivos de las computadoras a un equipo portátil para su resguardo
5. Computadora portátil para el resguardo, clasificación y revisión de los ejercicios.

Materiales:

1. Hojas de papel bond.
2. Lápices.
3. Gomas.

B) El proceso de ejecución del paso 4 del método de instrucción directa sería como a continuación se describe:

1. Se entregaría a los estudiantes un plano de un objeto que requiriera no más de **20** operaciones en su modelado, y se les pediría que realizaran el modelado siguiendo

lo visto en el paso 3 de la instrucción directa.

2. Se supervisaría que siguieran de forma correcta la técnica descrita en la intervención didáctica, particularmente los procedimientos 1 al 5 de la técnica propuesta, corrigiendo, en su caso, cuando no se hubiera comprendido la forma de efectuar el paso que estuvieran desarrollando.

Para el paso 5 del método de instrucción directa, y que correspondería con el postest, los estudiantes del grupo piloto pasarían al laboratorio de cómputo para realizar el modelado, en donde se les dejaría en libertad para que modelen el objeto. Se realizarían anotaciones de observación del desarrollo del modelado y tendrían un tiempo límite 2 horas. El mismo objeto en el mismo plano se entregaría a los estudiantes del grupo piloto para que lo modelaran, pero sin llevar a cabo la *Técnica de planificación del modelado virtual*, y así verificar las diferencias entre modelar con planificación y modelar sin planificación.

El ejercicio de modelado que se definió como adecuado corresponde, como ya se mencionó, a una tapa de un termo. El modelado de dicho objeto (Ver plano en figura 9) tiene 14 operaciones en total, y el proceso originalmente definido por el autor de esta tesis de la *planificación del modelado* de este objeto es la siguiente:

1. Dibujar perfil 1 (sección de la orilla de la tapa) sobre la vista frontal.
2. Realizar un Revolve al perfil para generar la orilla de la tapa.
3. Dibujar perfil 2 (sección del cuerpo de la tapa) sobre la vista frontal.
4. Extruir hacia un lado para cubrir el total o la mitad del perfil revolucionado

5. Extruir o hacer presspull hacia el otro lado, o mover la extrusión, para cubrir el total del perfil revolucionado
6. Copiar perfil revolucionado, guardarlo, y sustraer del perfil 2 la copia del perfil revolucionado. Esto hace que desaparezca la copia del perfil 2 y queden tres cuerpos separados pero unidos matemáticamente en el programa.
7. Separar los cuerpos generados, y borrar los cuerpos sobrantes que están fuera de la tapa.
8. Dibujar perfil 3 (los dos barrenos de la tapa) sobre la cara superior inclinada de la tapa.
9. Extruir los dos barrenos.
10. Cortar la tapa con los barrenos extruidos.
11. Dibujar perfil 4 (pestaña de la tapa con forma de semicírculo con una perforación).
12. Extruir perfil 4 a la altura marcada en el plano.
13. Unir los tres perfiles modelados.
14. Redondear (fillet) la extrusión del perfil 4, tanto para refinar el cuerpo de la pestaña, como para integrarla al cuerpo de la tapa.

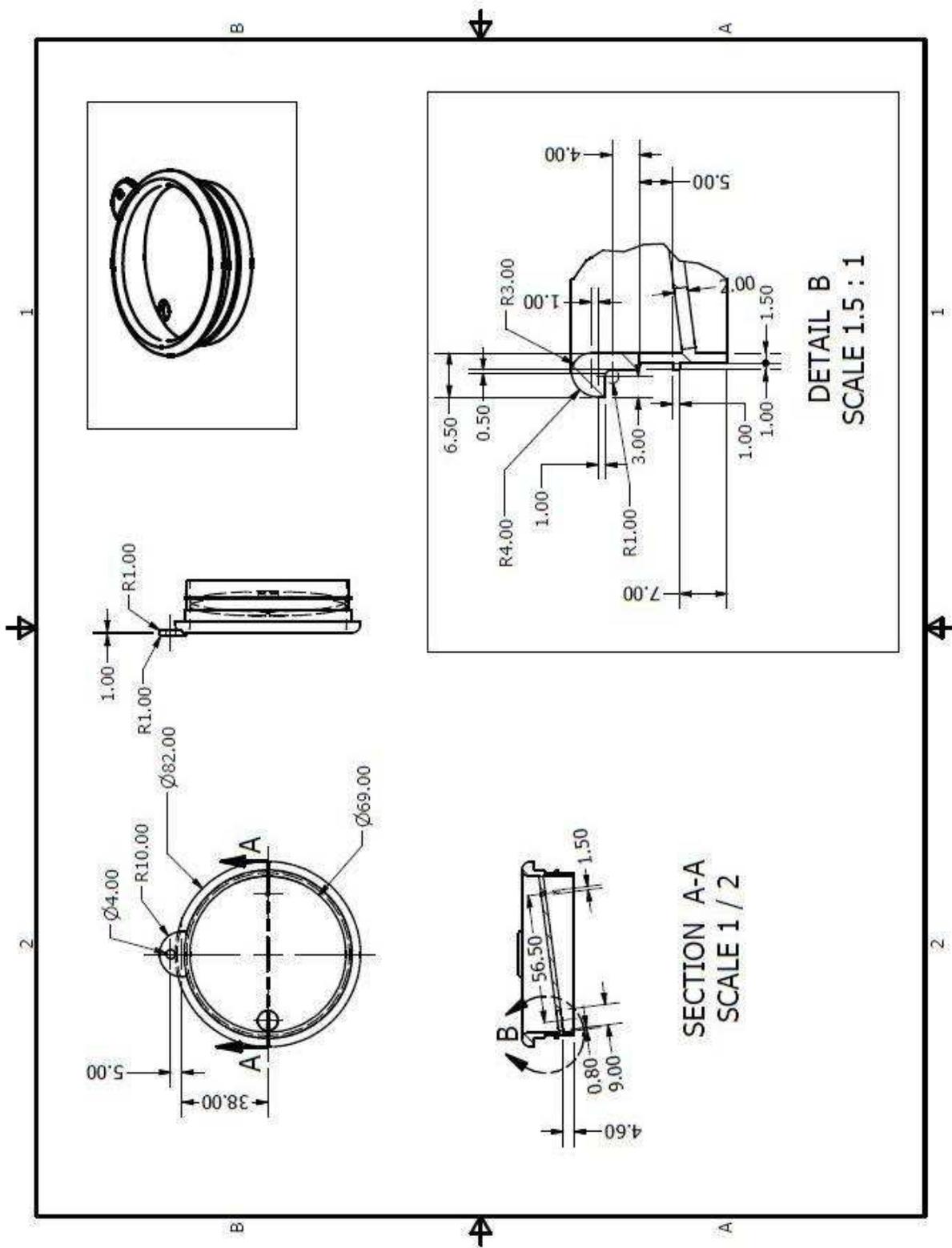


Figura 9. Plano entregado para el ejercicio del postest.

El listado de comandos mencionado es el que resultó de probar la técnica antes de que los estudiantes la conocieran, realizando el modelado de la tapa para termo en el software Autocad v2008, y al final, como resultado se obtuvieron los planos del objeto necesarios para el punto 5 planteado en el apartado anterior. Con ello se aseguró de que era un objeto factible de resolver y modelar mediante la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, y se corroboró que el objeto no tenía una dificultad muy alta, y que cumplía con los requisitos de conocimientos. Este listado de comandos podría ser el que los estudiantes obtuvieran, aunque no necesariamente.

Después de tener definido el proceso a seguir para la intervención didáctica, incluyendo al postest, se procedió a realizar el diseño del análisis de los resultados, lo cual se presenta a continuación.

### **Diseño del análisis de resultados**

En este diseño de análisis se precisó que los resultados que surgieran de la aplicación del ejercicio se analizarían mediante las dimensiones de análisis referentes a:

- A) Tiempo de realización del ejercicio.
- B) Porcentaje de conclusión del ejercicio.
- C) Fidelidad y cantidad de errores de modelado. Esto es, cuantas diferencias (fidelidad) existían entre el plano original con respecto al modelado realizado, y cuantas operaciones de modelado se omitieron.

Dichas dimensiones se analizarían en los ejercicios de cada grupo de la siguiente forma:

1. El tiempo de realización del ejercicio por cada estudiante en cada grupo.
2. El tiempo de realización promedio de cada grupo de forma comparativa.
3. El porcentaje de conclusión del ejercicio por cada estudiante en cada grupo.
4. Porcentaje promedio de conclusión del ejercicio de cada grupo.
5. La fidelidad del modelado por cada estudiante en cada grupo.
6. El promedio de la fidelidad del modelado de cada grupo de forma comparativa.

Para efectuar el análisis serían necesarios los siguientes instrumentos de evaluación:

- A) Registro de los tiempos de realización de las pruebas.
- B) Revisión del porcentaje de conclusión del ejercicio.
- C) Evaluación de la fidelidad y errores de modelado mediante un formato específico.

Por lo tanto, para poder realizar la evaluación de la fidelidad y errores de modelado se diseñó el formato correspondiente (anexo 5) con las siguientes características:

- Se colocó el nombre del estudiante para la identificación del formato, así como el número asignado en la selección aleatoria.

- Para la evaluación de la fidelidad se enlistaron las características formales que deberían de ser idénticas entre el plano, y el modelado, con base en las operaciones del ejercicio. En total se designaron 8 características. Se colocaron dos columnas para señalar si la característica era igual o no.
- Para la revisión del porcentaje de conclusión del ejercicio, se colocó un espacio para anotar la cantidad total de aciertos en la fidelidad, y un espacio para anotar el porcentaje respecto del total de características de fidelidad.

Con lo anterior se concluyó lo referente a la fase 2, con lo que se prosigue ahora con el relato de la fase 3 sobre la realización.

**Realización de la *intervención didáctica* al grupo piloto, y aplicación del postest a ambos grupos.**



El desarrollo del experimento comenzó con la previsión de los elementos necesarios para el mismo, por lo que se consiguió el salón de clases para llevar a cabo la intervención didáctica, así como el laboratorio de cómputo para la realización del ejercicio. La disponibilidad del equipo y sus características se coordinó con el

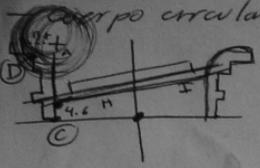
responsable del Área de Tecnologías de la información y comunicación del CU UAEM Zumpango, previa autorización del Director del Centro, quien se encargó de que 11 computadoras estuvieran listas y separadas del equipo utilizado por otros usuarios en tanto no se realizara el experimento.

Después, se llevó a cabo la intervención didáctica con el grupo piloto, por lo que se les citó a las 8 de la mañana para iniciar con la exposición. Los pasos 1 al 4 del método de instrucción directa se tardaron 2 horas, al final de las cuales se obtuvo, mediante la aplicación de la *Técnica para la planificación del modelado virtual*, una planificación por parte de todo el grupo.

En específico, el paso 4 del método de instrucción directa se realizó conforme a lo planeado y con la aportación de todo el grupo, de forma que fueran los estudiantes los que generaran la *Planificación del modelado*, resultado de la aplicación de la *Técnica*, sin una intervención a fondo del profesor. La planificación que se obtuvo difirió de la originalmente planeada en el diseño de la intervención didáctica, ya que los estudiantes generaron su propia planificación. En este sentido, cabe resaltar que el profesor no debe de influir sobre los estudiantes en el resultado, por lo que no se descartó que la planificación generada pudiera ser efectiva, aunque ésta fuera diferente de la original.

Un ejemplo de la planificación obtenida por los estudiantes se muestra en las siguientes páginas, junto con la transcripción del texto que contienen las imágenes:

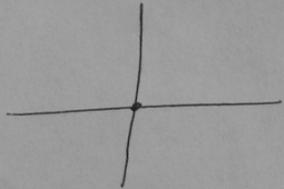
- Pieza inclinada  
 - Pestaña  
 - cuerpo circular (rev.)



1. Vista lateral perfil p/revolución.  
 - Línea 0, -34.5, 0  
 @ 1.5 < 180, @ 7 < 90, @ 1 < 180, @ 1 < 90, @ 1 < 0, @ 5 < 90,  
 @ 1 < 180, @ 5 < 90, @ 7 < 180, @ 1 < 90, @ 4 < 0, @ -0.5, 1  
 - circunferencia de  $\phi 8$  en (A) y de  $\phi 6$  en (B)  
 - Línea origen (C) @ 20 < 90  
 - Trim  $\rightarrow$  p/ terminar perfil.  
 - Pedit - Join (all)  
 - Fillet en (D)  $r=1$

- Línea auxiliar p/mirror / ej. revolución.  
 0,0  $\rightarrow$  @ 20 < 90  
 - Mirror del perfil.  
 - Línea -34.5, 4.6  $\rightarrow$  @ 10 < 10  
 - Extend perfil 2 (parte externa) y perfil 1 (parte externa)  
 - Offset 2mm línea inclinada.  
 - Líneas p/cerrar en puntos dentro del perfil.  $\perp$  near y luego  $\perp$  en puntos de ref. en ambos extremos.  
 - Pulir - Trim

Perfil 3 - Pestaña  
 Vista sup.  
 - círculo centro 0,38  $\phi 20$   
 - círculo centro @ 5 < 90  $\phi 4$   
 - círculo 0,0  $\phi 74$   
 - Trim p/ limpiar  
 - Pedit - Join (all)  
 - Mae @ 0, 0,0 - @ 0,0, 25



Línea -34.5, 4.6  $\rightarrow$   
 @ 5.3 < 10  $\rightarrow$  @ 5 < 100  
 @ 56.5 < 10, @ 5 < 280  
 - Limpiar p/ dejar sólo ego de barridos.  
 - Revolve perfil 1.  
 - Extrude - perfil 2 - 100  
 - ubicar explosión  $\rightarrow x \rightarrow$   
 @ 0, -50, 0

Figura 10. Primera página de la planificación obtenida.

(1ª Página)

- Pieza inclinada
- Pestaña
- Cuerpo circular (rev)

1. Vista lateral perfil para revolución

- Línea 0,-34.5,0
    - @1.5<180, @7<90, @1<180, @1<90, @1<0, @5<90
    - @1<180, @5<90, @4<180, @1<90, @4<0, @-0.5,1
  - circunferencia de Ø8 en A y de Ø6 en B
  - Línea origen C @20<90
  - Trim -> p/ terminar perfil
  - Pedit-Join(all)
  - Fillet en D R=1
- 
- Línea auxiliar p/mirror / eje revolución
  - 0,0 => 20<90
  - Mirror del perfil
  - Línea -34.5,4.6 => @10<10
  - Extend perfil 2 (parte externa) y perfil 1 (parte externa)
  - Offset 2 mm línea inclinada.
  - Líneas p/cerrar en puntos dentro del perfil (near y luego ↓ en puntos de ref. en ambos extremos.
  - Pulir – Trim

Perfil 3 – Pestaña

Vista sup.

- Círculo centro 0,38 Ø20
- Círculo centro @5<90 Ø4
- círculo 0,0 Ø74
- Trim p/limpiar
- Pedit-join (all)
- Move @0,0,0 - @0,0,25

Línea -34.5,4.6 ->

- @5.3<10 -> @5<100
- @56.5<10, @5<280
- Limpiar p/dejar sólo ejes de barrenos.
- Revolve-perfil 1
- Extrude – perfil 2 – 100
- Ubicar extrusión ->x -> @0,-50,0

- copiar y guardar en la geometría - la revolución
- Sustracción  $\rightarrow$  extrusión - revolución.
- Separar
- Borrar puntas cuadradas.

### Vista superior

- ~~Cilindro~~ centro A  $\varnothing 9$   $h=3$
- Cilindro I  $\varnothing 1.5$   $h=3$
- Rotar cilindros - Vista lateral -  $10^\circ$
- Sustracción - Extruida inclinada - cilindro
- Unión por revolución con inclinación
- Extrusión perfil 3 -  $h=3$
- Extrusión barrenito -  $h=4$
- Sustracción de perfil 3 - barrenito
- Unión de peñón con el cuerpo
- Fillet  $\rightarrow R1$  mm en peñón.

Figura 11. Segunda página de la planificación obtenida.

(2ª Página)

- copiar y guardar en layer oculto – la revolución
- Sustracción -> extrusión – revolución
- Separar
- Borrar puntas cuadradas

Vista superior

- Cilindro centro A  $\varnothing 9$   $h=3$   
I  $\varnothing 1.5$   $h=3$
- Rotar cilindros – Vista lateral –  $10^\circ$
- Sustracción- Extruida / inclinada – cilindros
- Unión pieza revolución con inclinada
- Extrusión perfil 3 –  $h=-3$
- Extrusión barrenito –  $h=-4$
- Sustracción de perfil 3 – barrenito
- Unión de pestaña con el cuerpo
  - Fillet ->  $R=1$  mm en pestaña.

Para el paso 5 referente a la práctica independiente, se llevó a los estudiantes a las computadoras asignadas para que allí cada uno realizara el modelado con la planificación generada. Aquí es donde se estuvo aplicando el posttest puesto que los estudiantes no se comunicaron entre sí, y solo se valieron de sus conocimientos y de la planificación generada para realizar el modelado virtual partiendo del plano del objeto. El tiempo máximo que tardó el último estudiante en terminar fue de una hora con treinta minutos. Al final del ejercicio, cada estudiante entregó en su memoria USB el archivo del ejercicio.



Figura 12. Estudiantes del grupo piloto trabajando en el modelado virtual. Todos ellos llevaban la planificación en papel y a partir de ella se guiaron para el modelado virtual.

Después de que el grupo piloto concluyó el ejercicio en las computadoras, los estudiantes del grupo de control ingresaron al laboratorio de cómputo para realizar el mismo ejercicio. En este caso, se les entregó el mismo plano, pero ya no se llevó a cabo la intervención didáctica con ellos, y se les dejó que modelaran el objeto con los conocimientos que en ese momento tenían. Se les citó a la hora en que terminaría el grupo piloto para evitar que se comunicaran entre ellos las particularidades de la *Técnica* vista en la intervención didáctica, y se les pidió que no se comunicaran entre sí al realizar el ejercicio.

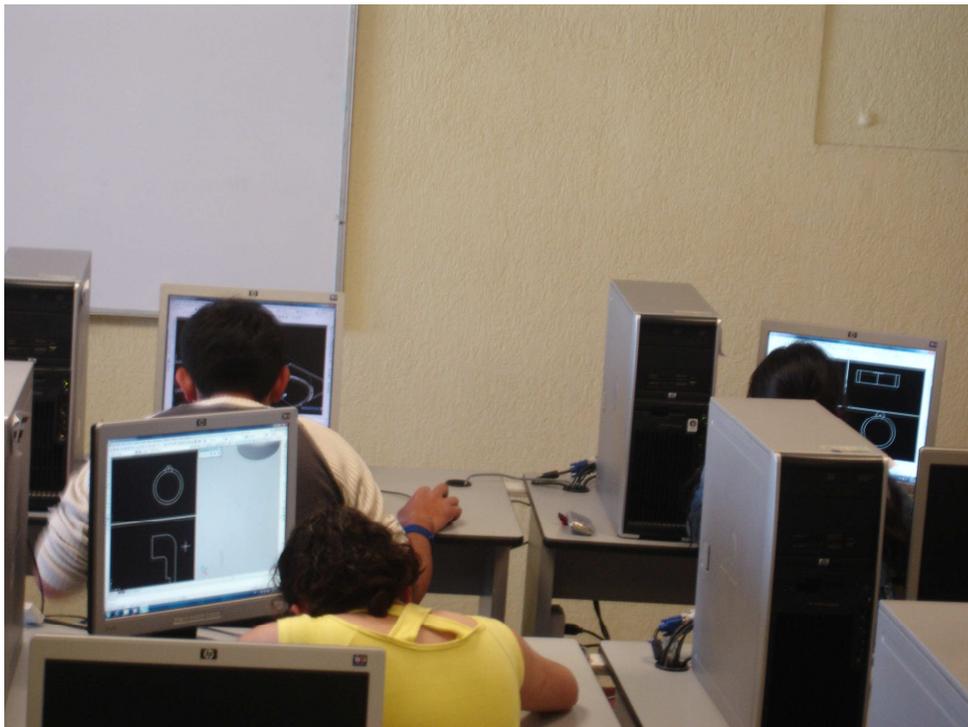


Figura 13. Estudiantes del grupo de control trabajando en el ejercicio. Cabe resaltar el hecho de que, como se detectó originalmente, no realizan una planificación explícita del proceso de modelado virtual.

Cuando los estudiantes del grupo de control concluyeron el tiempo límite, se les pidió que entregaran el ejercicio hasta donde hubiesen llegado, ya que ninguno logró concluir el ejercicio de modelado. Los estudiantes entregaron los ejercicios en sus memorias USB y estos fueron resguardados en la computadora portátil.

Finalmente, se procedió a la revisión de los archivos y las anotaciones de los tiempos de realización, para llevar a cabo el análisis de resultados. Dicho análisis y su correspondiente discusión se presentan en el capítulo consecuente.

## CAPÍTULO 3

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Grupo 1- Piloto vs Grupo 2 - Control

TIEMPO TOTAL DE REALIZACIÓN  
POR ESTUDIANTE

TIEMPO TOTAL DE REALIZACIÓN  
PROMEDIO POR GRUPO

PORCENTAJE DE CONCLUSIÓN  
POR ESTUDIANTE

PORCENTAJE DE CONCLUSIÓN  
PROMEDIO POR GRUPO

→ FIDELIDAD DEL MODELADO  
POR ESTUDIANTE

→ FIDELIDAD DEL MODELADO  
PROMEDIO POR GRUPO

### CARACTERÍSTICAS EVALUADAS: Exactitud en

- a) Perfil 1. Orilla de la tapa
- b) Diámetro total
- c) Perfil 2. Grosor e inclinación
- d) Diámetro de barrenos en la tapa
- e) Ubicación de los barrenos en la tapa
- f) Perfil 3. Pestaña superior
- g) Grosor y perforación de pestaña superior
- h) Redondeado en la pestaña

### Capítulo 3. Análisis de los resultados.

Antes de presentar el análisis, se muestran algunas imágenes de los mejores y peores resultados respecto a la fidelidad del modelado. Cabe resaltar que el original tiene el siguiente aspecto:

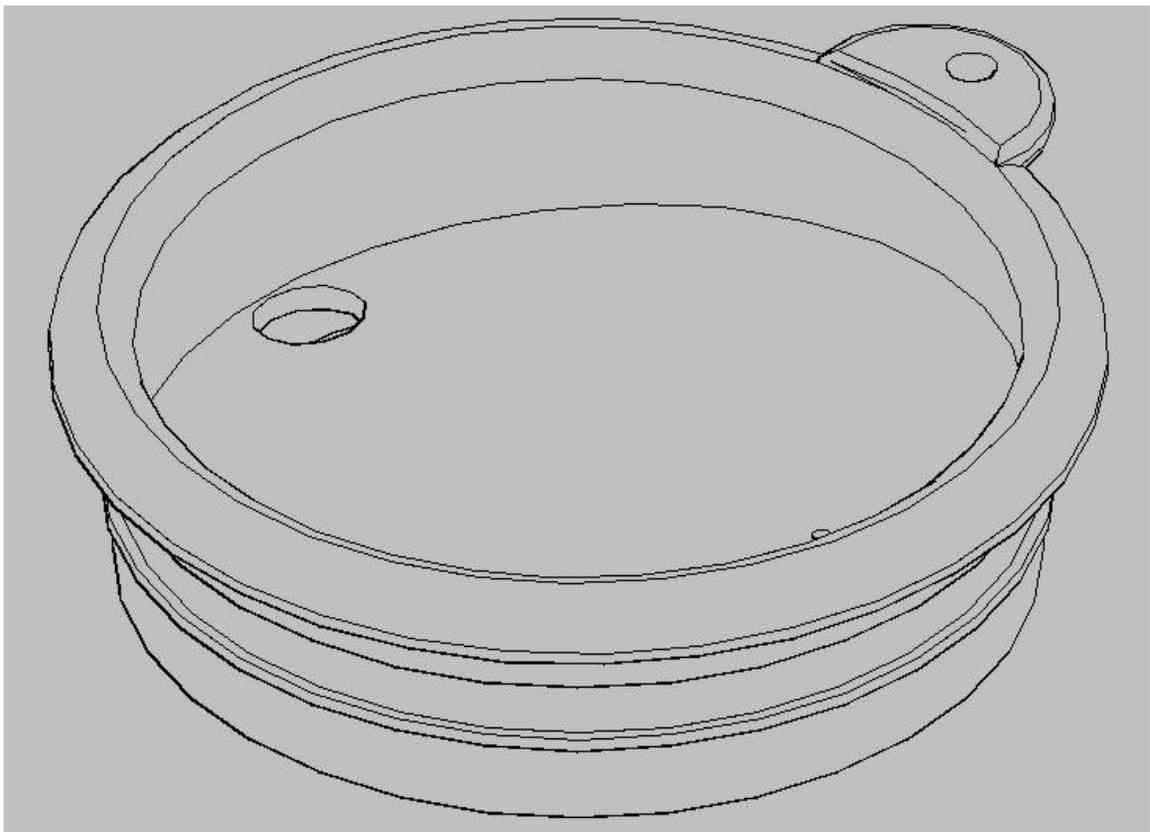


Figura 14. Modelado ideal.

Considerando las características de este ejemplo, el estudiante del grupo piloto que logró la mayor fidelidad (estudiante 5) obtuvo el siguiente modelo (figura 15):

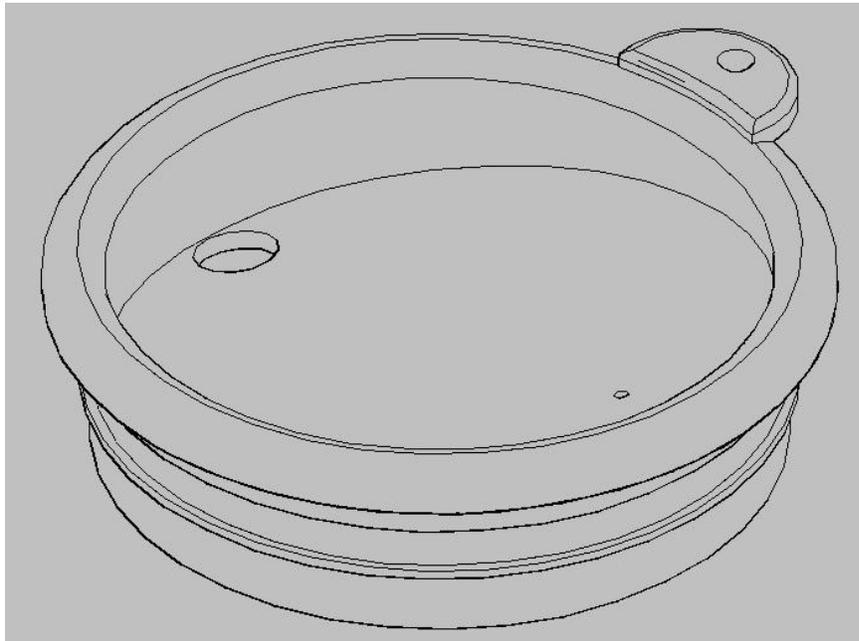


Figura 15. Mejor modelo del grupo piloto.

Y el estudiante del grupo de control que logró la mayor fidelidad (estudiante 3) creó el siguiente modelo:

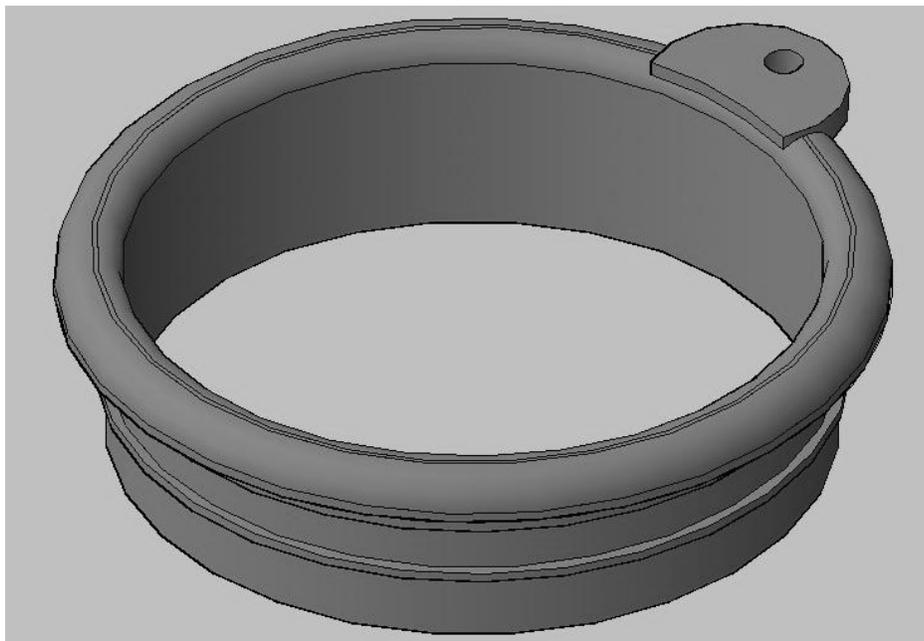


Figura 16. Mejor modelo del grupo de control.

Por otra parte, el estudiante del grupo piloto que tuvo la menor fidelidad (estudiante 2) logró el modelo siguiente:

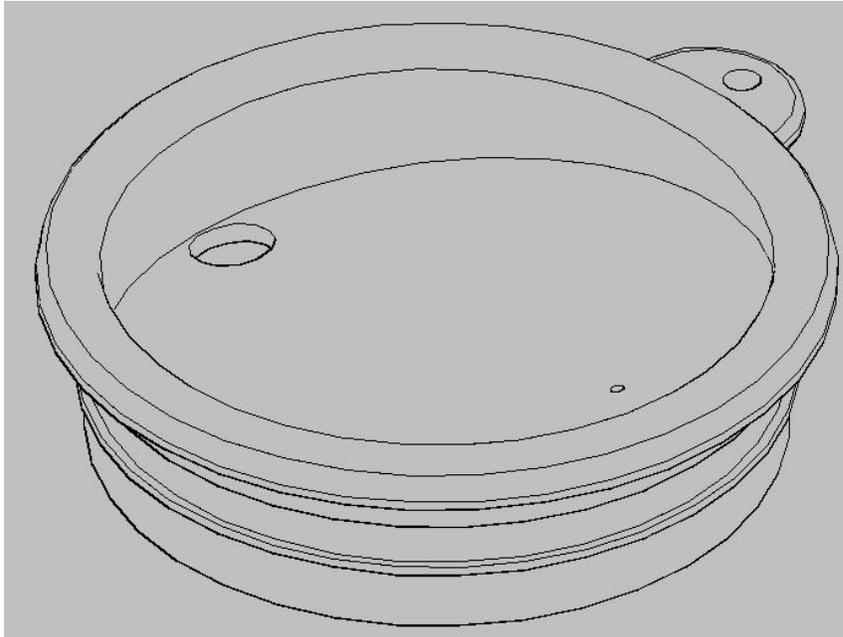


Figura 17. Modelo de menor fidelidad en grupo piloto.

Mientras que el estudiante del grupo de control con menor fidelidad (estudiante 1) generó este modelo:

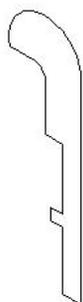


Figura 18. Modelo de menor fidelidad en grupo de control.

Es decir, este último estudiante no logró más que generar el perfil inicial y colocar la referencia para el eje del *Revolve* que debería de hacer posteriormente. Con estas imágenes, más el estudio de los tiempos de modelado y la revisión de las características de fidelidad, se generaron los resultados que a continuación se presentan.

### Tiempo de realización por cada estudiante en cada grupo

Los tiempos de realización fueron anotados durante el experimento, y corroborados con el tiempo de edición que marca el archivo generado en Autocad V2008. Los resultados de los tiempos de realización son los siguientes:

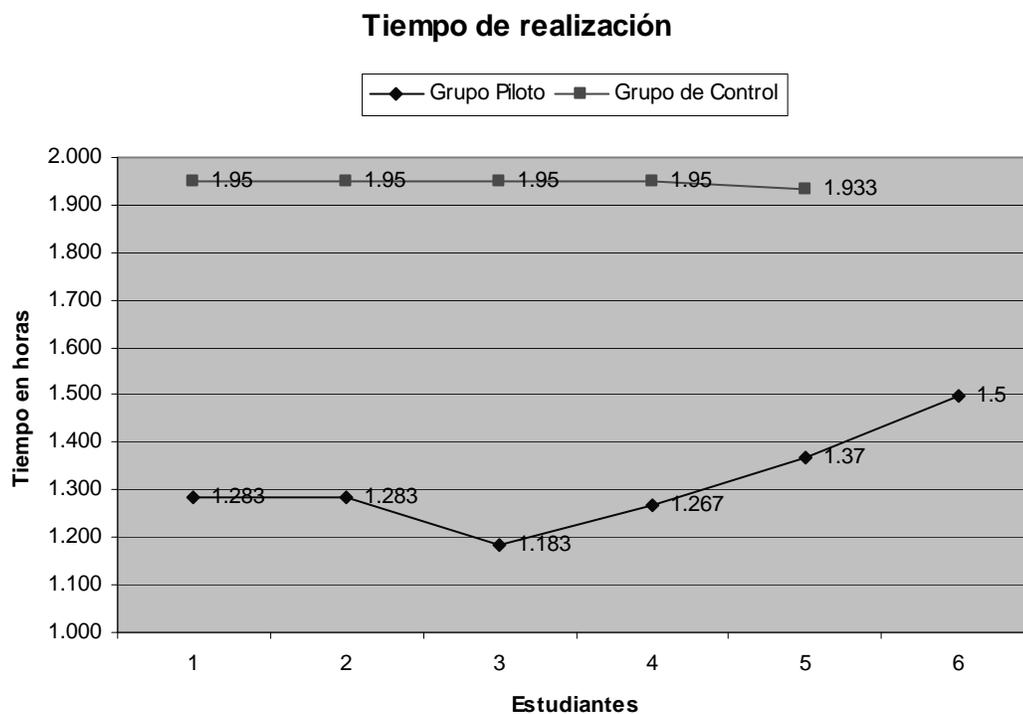


Figura 19. Gráfica de tiempo de realización.

Grupo Piloto (estudiante)	1	2	3	4	5	6
Tiempo de realización (hrs.)	1.283	1.283	1.183	1.267	1.37	1.5
Grupo de Control (estudiante)	1	2	3	4	5	
Tiempo de realización (hrs.)	1.95	1.95	1.95	1.95	1.933	

Figura 20. Tabla de tiempos de realización.

El tiempo más bajo corresponde al estudiante 3 del grupo piloto, el cual no necesariamente tuvo el modelado más fiel, pero tampoco el peor. El estudiante que mayor tiempo ocupó fue el estudiante 5, que tampoco fue el de peor fidelidad. Más bien, como se registró en las observaciones, se le notó con cierto nerviosismo durante el postest.

Los tiempos del grupo de control son idénticos, a excepción del estudiante 5 que cerró su archivo un minuto antes, porque todos llegaron al tiempo límite establecido para el postest. Todos ellos tuvieron muy diversos grados de fidelidad, y ninguno logró concluir el ejercicio, como se verá más adelante.

Los resultados presentados muestran que los tiempos de realización son menores cuando se tiene una planificación del modelado virtual, ya que sin ella el tiempo se pierde en divagar acerca de cómo realizar el modelado.

### **Tiempo de realización promedio de cada grupo**

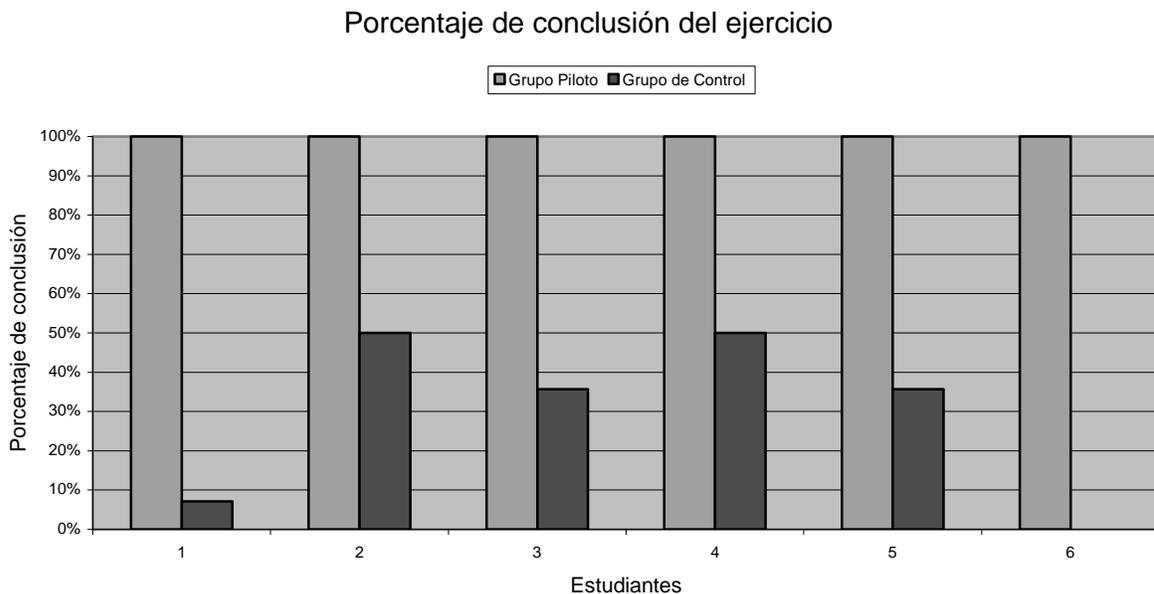
Los tiempos promedio de los grupos fueron:

Grupo Piloto:	1.314 horas (equivalente a 1 hora con 19 minutos)
Grupo de Control:	1.95 horas (equivalente a 1 hora con 57 minutos)

Estos resultados confirman que el tiempo se aprovecha mejor cuando se tiene la planificación del modelado. Nuevamente, los tiempos del grupo de control equivalen al tiempo límite para la realización del postest.

### Porcentaje de conclusión por cada estudiante en cada grupo

Los resultados del porcentaje de conclusión del ejercicio son los que se presentan en la gráfica siguiente:



Grupo Piloto (estudiante)	1	2	3	4	5	6
Porcentaje de conclusión	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Grupo de Control	1	2	3	4	5	
Porcentaje de conclusión	7.14%	50.00%	35.71%	50.00%	35.71	

Figura 21. Gráfica y tabla de porcentajes de conclusión.

Aquí se puede observar, al igual que en el caso del tiempo de realización, que los valores son sumamente diferentes entre los dos grupos. En el caso del grupo piloto, todos concluyeron al 100% el ejercicio. Y en el grupo de control sólo 2 de 5 estudiantes (40%) concluyeron el 50% del ejercicio. Esto equivale en conjunto a una mejora del 400% del grupo piloto respecto al grupo de control.

El que todos los estudiantes del grupo piloto hayan concluido el ejercicio, no quiere decir que todos tengan una buena fidelidad. Este punto se discutirá más adelante.

### **Porcentaje promedio de conclusión de cada grupo**

El promedio del porcentaje de conclusión del ejercicio entre los grupos resultó en:

Grupo Piloto:	100%
Grupo de Control:	35.71%

Esto significa que el grupo piloto está, en promedio, casi 2/3 partes por arriba en relación al grupo de control. En este caso, la mejora corresponde a un 180% del grupo piloto respecto al grupo de control. Cabe precisar que este resultado podría señalarse como esperado, ya que es muy similar a lo que sucede en las aulas, cuando el estudiante no logra lo que quería representar y cambia su propuesta, no porque la mejore o haya encontrado opciones más adecuadas, sino porque, como dicen los mismos estudiantes, “la máquina (o el programa) no me dejó hacer lo que quería”.

Si se combinan los resultados de tiempo y porcentaje de realización, la diferencia en la eficiencia en el modelado, entendida como realizar completamente la tarea

requerida en el tiempo requerido, entre los estudiantes de los dos grupos sería de más de 100% del grupo piloto contra el grupo de control.

### Fidelidad del modelado por cada estudiante en cada grupo

Respecto a la fidelidad del modelado por cada estudiante, los resultados que obtuvieron fueron los siguientes:

Grupo Piloto	Estudiantes					
	1	2	3	4	5	6
Características evaluadas						
Perfil 1 (orilla de la tapa)	0	1	1	1	1	1
Díámetro total	1	1	1	1	1	1
Perfil 2 (grosor e inclinación)	1	1	1	1	1	1
Díámetro de barrenos en tapa	1	1	1	1	1	1
Ubicación de barrenos en tapa	1	1	1	1	1	1
Perfil 3 (pestaña superior)	1	0	1	1	1	1
Grosor y perforación de pestaña superior	1	1	1	1	1	1
Redondeados de pestaña	1	0	0	0	1	0
<b>Fidelidad promedio</b>	<b>0.875</b>	<b>0.75</b>	<b>0.875</b>	<b>0.875</b>	<b>1</b>	<b>0.875</b>

Grupo de Control	Estudiantes				
	1	2	3	4	5
Características evaluadas					
Perfil 1 (orilla de la tapa)	1	1	1	1	1
Díámetro total	0	1	1	0	1
Perfil 2 (grosor e inclinación)	0	1	0	1	0
Díámetro de barrenos en tapa	0	0	0	0	0
Ubicación de barrenos en tapa	0	0	0	0	0
Perfil 3 (pestaña superior)	0	0	1	0	1
Grosor y perforación de pestaña superior	0	0	1	0	0
Redondeados de pestaña	0	0	0	0	0
<b>Fidelidad promedio</b>	<b>0.125</b>	<b>0.375</b>	<b>0.5</b>	<b>0.25</b>	<b>0.375</b>

Figura 22. Tablas de fidelidad del modelado.

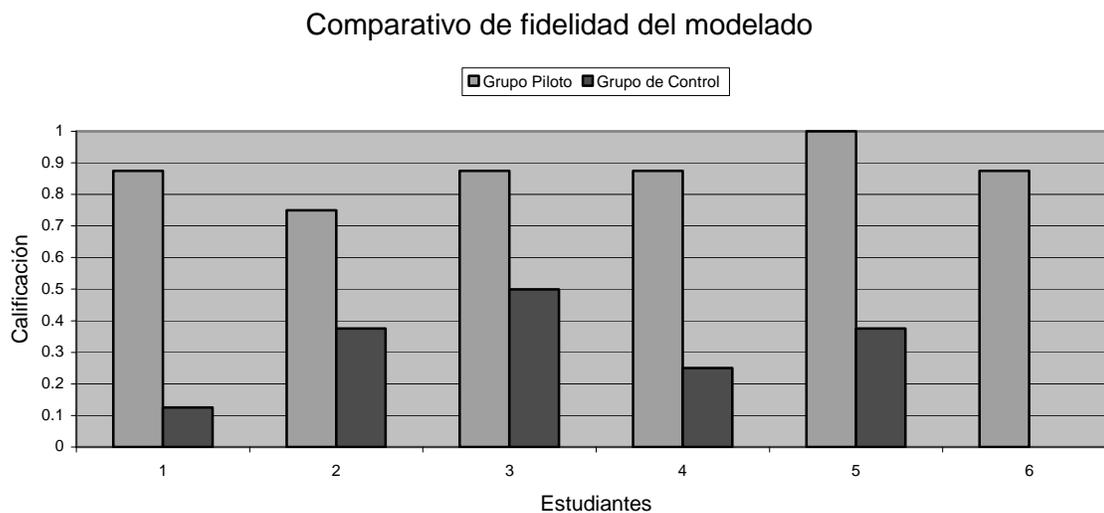


Figura 23. Gráfica comparativa de fidelidad del modelado.

Se puede ver rápidamente que el grupo piloto tuvo una alta fidelidad en el modelado, aunque sólo un estudiante llegó a tener el 100% de características bien realizadas. Sin embargo, el que tuvo la fidelidad más baja obtuvo el 75% de fidelidad, a lo que se puede decir que tiene una fidelidad aceptable.

En cambio, el grupo de control, que representa a los estudiantes con las características actuales, en uno de los casos sólo pudo tener una característica correcta. Es el ejemplo colocado al inicio del capítulo, en donde se aprecia que sólo logró dibujar en 2D el perfil inicial del modelo, y ya no supo que hacer durante el resto del tiempo que duró el ejercicio. El mejor de los estudiantes del grupo de control logró tener la mitad de las características, con lo que, considerando una calificación común aprobatoria de 6, no podría satisfacerse un mínimo de fidelidad de modelado.

### Promedio de la fidelidad del modelado de cada grupo

Los resultados del promedio de la fidelidad del modelado de cada grupo fueron los siguientes:

Grupo Piloto:	0.875
Grupo de Control:	0.325

Nuevamente, la fidelidad del modelado fue mejor en más de un 169% en el grupo piloto respecto al grupo de control. El grupo de control en promedio mostró un nivel muy bajo de fidelidad, comparable a obtener un 3.25 de calificación, que no está despegado de la realidad. Los estudiantes en lo general, cuando llegan a la etapa de síntesis y buscan generar el modelado virtual de sus propuestas, siempre cambian en algo dichas propuestas por no lograr modelar lo que querían.

Por lo tanto, la Hipótesis 1 “Cuando los estudiantes de la carrera de Licenciado en diseño industrial del CU UAEM Zumpango recurren a la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, mejora la fidelidad en la transferencia de sus propuestas de diseño hacia modelos virtuales”, quedó comprobada. Y en consecuencia, la Hipótesis 2 “Si la hipótesis anterior ocurre, entonces la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* es un elemento necesario en la transferencia de las propuestas de diseño hacia modelos virtuales”, también quedaría confirmada.

Al final, esto quiere decir, conjuntando los resultados totales, que si los estudiantes aplican la *Técnica para la planificación del modelado virtual* ellos obtendrán mucho

mejores resultados en la fidelidad al trasladar sus ideas a modelos virtuales, y al mismo tiempo, podrán crear objetos y modelos virtuales que realmente representen lo que originalmente ellos había ideado, en menos tiempo, y con menor frustración.

# CONCLUSIONES

## Conclusiones

### **Sobre el procedimiento seguido**

En la investigación presentada en este documento se abordó el tema de la transferencia de las propuestas de diseño hacia modelos virtuales en estudiantes del 5º Período de la licenciatura en diseño industrial del Centro Universitario UAEM Zumpango. Para ello, se realizó una investigación de tipo experimental mediante un diseño de postest con grupo de control, en el cual se utilizó una *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, la cual fue transmitida a los estudiantes en una *Intervención Didáctica* mediante el modelo de *Instrucción Directa*.

En dicho experimento se realizó un muestreo al azar dividiendo al grupo de estudiantes en un grupo piloto de 6 y un grupo de control de 5 estudiantes. Al grupo piloto se le aplicó la intervención didáctica y al grupo de control no. Se realizó un postest mediante un ejercicio de modelado a ambos grupos, del cual se analizaron los resultados obtenidos en cuanto a tiempo de realización, porcentaje de conclusión, y fidelidad del modelado.

Algunas observaciones sobre el procedimiento versan en la necesidad de controlar aun más otras variables que pueden influir en los resultados, como lo es la presencia del profesor/investigador durante el postest, pues esto ayudaría al grupo piloto y perjudicaría al grupo de control. Otra variable pendiente es la necesidad de que las pruebas se apliquen de manera simultánea y aislando más a los estudiantes para evitar que tengan influencia de los demás compañeros.

## **Sobre la comprobación de hipótesis**

Los resultados arrojaron que los estudiantes del grupo piloto lograron una fidelidad promedio del 87.5% con un máximo del 100% y un mínimo del 75%, mientras que los estudiantes del grupo de control lograron un promedio del 32.5% con un máximo del 50% y un mínimo del 12.5%. Esto implica una mejora del 169% del grupo piloto respecto al grupo de control en la fidelidad del modelado.

Respecto a la conclusión del ejercicio, solo 40% de los estudiantes del grupo de control lograron terminar el 50% del ejercicio, contra 100% del grupo piloto. Esto implica una mejora en la efectividad del 180% del grupo piloto respecto al grupo de control. Así, con estos resultados se demostró la validez de las hipótesis formuladas:

H1. Cuando los estudiantes de la carrera de Licenciado en diseño industrial del CU UAEM Zumpango aplican la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual*, mejora la fidelidad en la transferencia de sus propuestas de diseño hacia modelos virtuales

H2. Si la hipótesis anterior ocurre, entonces la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* es un elemento de ayuda en la transferencia de las propuestas de diseño hacia modelos virtuales.

Una observación adicional, es que, además de la comprobación anterior, los estudiantes también mejoraron su velocidad en el proceso de modelado pues el 100% de los estudiantes del grupo piloto concluyeron el postest en menos del tiempo especificado, mientras que ninguno de los estudiantes del grupo de control logró concluir el ejercicio de modelado del postest.

## **Sobre el logro de objetivos**

Toda vez que el Objetivo General de la investigación fue “Lograr que el estudiante de la licenciatura en diseño industrial del CU UAEM Zumpango mejore la transferencia de sus propuestas de diseño a modelos virtuales, apoyado en la *Técnica para la planificación del modelado virtual*”, se puede afirmar que éste se cumplió al lograr la mejora, aún y cuando la fidelidad no fue al 100% en todos los estudiantes, puesto que hubo una notoria mejoría.

Respecto a los Objetivos Particulares, se logro demostrar que la *Técnica para la planificación del modelado virtual* es un elemento que influye positivamente en la transferencia de las ideas a modelos virtuales. También, mediante la intervención didáctica al grupo piloto se logró que los estudiantes aprendieran la *Técnica para la planificación del modelado virtual*.

Por otra parte, los objetivos particulares relacionados con la comparación entre los grupos de estudiantes, y con el análisis de los resultados, fueron cubiertos de manera satisfactoria.

Algunas observaciones al cumplimiento de objetivos versan sobre el hecho de que se lograron otros objetivos adicionales, como el que los estudiantes que aprendieron la *Técnica*, se mostraran más seguros al momento de estar frente a la computadora. Igual se denotó que, cuando los estudiantes usan la *Técnica* tienden a ser más analíticos sobre el objeto que si sólo se dedican al modelado directo en la computadora.

### **Sobre la aportación al campo del diseño industrial**

Con los resultados obtenidos, es de considerarse que los beneficios y ventajas alcanzables en términos del uso de la *Técnica* se pueden manifestar en una mejora al proceso de enseñanza aprendizaje de las nuevas tecnologías para el diseño industrial y su aplicación en el proceso de diseño. Esta mejora se daría al tener modelos virtuales que muestren fielmente la idea de solución de diseño que el estudiante propone.

También, al mejorar el proceso de enseñanza señalado se obtendría un aumento del número de estudiantes competentes para realizar la transferencia hacia modelos virtuales. Por lo tanto, se tendría la capacidad de una mayor posibilidad, dentro del proceso de diseño, de experimentar con mayor cantidad de ideas y propuestas, y de analizarlas mediante software para CAD, CAM y CAE.

Es por esto que se puede recomendar que la *Técnica para la Planificación del Modelado Virtual* se aplique en las materias del Área de Diseñística de la carrera de Licenciado en Diseño Industrial, en el CU UAEM Zumpango, principalmente al cursar las materias relacionadas con el CAD.

También, son recomendables algunos otros usos posibles de los resultados de la investigación. En específico, en la integración en las unidades de aprendizaje iniciales sobre software para CAD y de diseño industrial, en los diferentes programas educativos de las escuelas que imparten diseño industrial.

### **Sobre la continuidad del trabajo de investigación**

Respecto a una sugerencia para la continuidad del trabajo de investigación, se

propone que se puedan realizar investigaciones posteriores que sigan el método planteado, para comprobar, de forma experimental, el nivel de intervención de algunos otros elementos. O también con otros universos, definidos como grupos de estudiantes con características diferentes, como por ejemplo: entre los campus Toluca, Valle de Chalco y Zumpango de la misma UAEM, de diferentes universidades, de diferente nivel socioeconómico, o sociocultural. Inclusive, con la realización de una investigación longitudinal transgeneracional.

En el caso personal del autor de esta tesis, se puede también investigar qué otras *Técnicas* son factibles de mejorar la fidelidad del modelado virtual, o cuáles son aquellas que utilizan los mejores modelistas en computadora. De igual forma respecto a este último punto, se piensa que una investigación sobre las mejores prácticas para el modelado virtual podría ser una alternativa viable de continuidad de la investigación.

### **Sobre la difusión de los resultados, logros y aportes**

Respecto a la difusión de la investigación, se tiene contemplado el realizar un manual de la técnica para utilizarlo como apoyo didáctico en cursos de modelado virtual, donde la *Técnica* se enseñe como parte inicial de la introducción al CAD, o dentro del mismo curso.

También se ha considerado el publicar un artículo o presentar una ponencia sobre los resultados de la investigación para generar interés respecto a la *Técnica* y sus posibilidades dentro de otros entornos. Cabe señalar que las características de los estudiantes de diseño industrial del CU UAEM Zumpango, son bastante *sui generis* pues se combinan tanto población de tipo rural como urbana en un mismo sitio.

Asimismo en este rubro, se ha considerado el proponer al comité curricular de la Licenciatura en diseño industrial en la UAEM que se incorpore la enseñanza de la técnica en el programa de estudios de la Unidad de aprendizaje de Dibujo por computadora, que es donde se inicia el trabajo con los programas CAD en 3D. Finalmente, cabe señalar que la propuesta de la *Técnica*, resultado de las experiencias en el aula, de los comentarios de alumnos, y de las observaciones de académicos del área, ha logrado resultados, pero no con ello se puede decir que es una técnica depurada. Más bien, es el principio de futuros desarrollos en esta área.

## Biblio-hemerografía

Alcaide Marzal, Jorge, Diego Más, José Antonio, y Artacho Ramírez, Miguel Ángel. (2004). *Diseño de producto. Métodos y técnicas*. Alfaomega grupo editor. D. F., México.

ALEGSA. (2010). *Diccionario de informática. Definición de modelo 3D*. Disponible en <http://www.alegsa.com.ar/Dic/modelo%20en%203d.php>. Revisado el 19 de noviembre de 2010.

Borges de Barros Pereira, Hernane. (2002), *Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia*, Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, España.

Buendía Eximan, Leonor, Colás Bravo, Pilar, Hernández Pina, Fuensanta. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Mc Graw Hill Interamericana de España. España.

Bürdek, Bernhard E. (2002). *Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial*. Editorial Gustavo Gilli. México.

Cañedo Andalia, Rubén, Ramos Ochoa, Raúl E. y Guerrero Pupo, Julio C. (2005). *La Informática, la Computación y la Ciencia de la Información: una alianza para el desarrollo*. En Acimed Vol 13 Num.5. Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13\\_5\\_05/aci07505.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13_5_05/aci07505.htm). Revisado el 19 de noviembre de 2010.

Carballo, Silvina y Cicala, Rosa. (2005). "Hacia una didáctica de la informática". *Memorias del Congreso 1as Jornadas Didácticas Específicas*. UNSAM. San Martín, Argentina.

Ching, Francis D. K., y Juroszek, Steven P. (2002). *Dibujo y proyecto*. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, España.

Cordero Valle, Juan Manuel. (2003). *Curvas y superficies para modelado geométrico*. Alfaomega grupo editor. D. F., México.

Costa, Joan. (2007). *Esplendor y crisis del diseño*. Artículo disponible en <http://boogietek.blogspot.com/2007/07/esplendor-y-crisis-del-diseo-joan-costa.html>. Revisado el 8 de febrero de 2008.

Díaz Barriga, Ángel. (2006), "El enfoque de competencias en la educación. ¿Una alternativa o un disfraz de cambio?", en Revista *Perfiles Educativos*, vol. 28, núm. 111. UNAM. México.

Ferrer, Martín. (2006). *La historia de la Historia de Autocad*. Artículo disponible en <http://www.arkineta.com/Recursos/art92.aspx>. Revisado el 15 de Agosto de 2010.

Frías, Selene. (2006). "El diseño gráfico está en crisis: Joan Costa". Reseña sobre la conferencia dictada en la UAM Azcapotzalco. Revista *El Aleph*. UAM Azcapotzalco. Septiembre de 2006. D. F. México. Pág. 7.

Galindo Sosa, Raúl Vicente, *et al.* (2008). "La enseñanza de las nuevas tecnologías en los planes de estudio del licenciado en diseño industrial en México". Ponencia en el *Coloquio Experiencias de enseñanza – aprendizaje en el diseño*. Escuela de diseño, Universidad Anahuac. México.

Galindo Sosa, Raúl Vicente. (2007). "El papel de la tecnología en la formación académica del diseñador industrial", en Revista *Paraninfo Universitario*, Año 6, No. 14, Septiembre 2007. UAEM. México.

González Nava, Luís Manuel. (2008). *Autocad 2008 y actualización a 2009. De la pantalla a la realidad*. Editorial GIC. México, D. F. Julio de 2008. 565 pp.

Hernández Sampieri, Roberto, *et al.* (1997). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Interamericana. México.

Herrera Claver, Francisco. (2001). *Habilidades cognitivas*. Notas del Departamento de Psicología Evolutiva y de la educación. Universidad de Granada. España.

ICSID. International Council of Societies of Industrial Design. (2008). *Definition of design*. Disponible en <http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm>. Revisado el 8 de Noviembre de 2008.

ITS Institute for Telecommunication Services. (1996). *Federal Standard 1037C*. Disponible en <http://www.its.blrdoc.gov/fs-1037/>. Revisado el 19 de noviembre de 2010.

Maestri, George. (2008). *Modelado y animación con 3ds Max 2008*. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España.

Maier, Manfred. (1982). *Procesos elementales de proyectación y configuración Vol. 1*. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, España.

Maldonado, Tomas. (1981). *El diseño industrial reconsiderado*. Gustavo Gilli. Barcelona, España.

Martínez Clares, Pilar. (2002). *La orientación psicopedagógica: Modelos y estrategias de intervención*. EOS. España.

Nisbet, John, y Shucksmith, Janet. (1987). *Estrategias de aprendizaje*. Santillana. Madrid, España.

Pipes, Alan. (1989). *El diseño tridimensional. Del boceto a la pantalla*. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, España.

Ratner, Meter. (2004). *Animación 3D*. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España.

Reyes Ponce, Agustín. (2004). *Administración Moderna*. Limusa. México.

Rigney, J. W. (1978). "Learning strategies: a theoretical perspective". En O'Neil, H.F. (Ed.) *Learning strategies*. Academic Press. New York.

Riquelme, María Eugenia. (2010). *Curso Administración de Empresas*. Disponible en línea en <http://www.mailxmail.com/curso-administracion-empresas>. Revisado el 10 de Marzo de 2010.

Rizo Pimentel, Moises. (2004). "Programa de instrucción para desarrollar estrategias para la comprensión y el aprendizaje de textos escritos". En *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 2º Trimestre, año/vol. XXXIV número 002. Centro de Estudios Educativos. Distrito Federal, México.

Rosario, Jimmy. (2005). *La Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC). Su uso como Herramienta para el Fortalecimiento y el Desarrollo de la Educación Virtual*. Disponible en el ARCHIVO del Observatorio para la CiberSociedad en <http://www.cibersociedad.net/archivo/articulo.php?art=218>. Revisado el 19 de noviembre de 2010.

Salinas Flores, Oscar. (1992). *Historia del diseño industrial*. Editorial Trillas. México.

Schmelkes, Corina. (1998). *Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (Tesis)*. Oxford University Press. D. F. México.

Schön, Donald A. (1987). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Ediciones Paidós, Ministerio de Educación y Ciencia. Barcelona, España.

Sutherland, Ivan Edward. (2003). *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. University of Cambridge. Cambridge, U.K. Disponible en <http://www.cl.cam.ac.uk/TechReports/>. Revisado el 19 de noviembre de 2010

UAEM. (2004). *Reestructuración del plan de estudios de la licenciatura en diseño industrial*. UAEM. Toluca, México.

Von Koenigsmarck, Arndt. (2006). *Cinema 4D 10*. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España.

Waugh, Alice C. (1998). *Plenty of computing history in N42*. MIT. Massachusetts Institute of Technology. Artículo disponible en <http://web.mit.edu/newsoffice/1998/n42-0114.html>. Revisado el 19 de noviembre de 2010.

## Anexos

### Anexo 1. Listado de los 42 Conocimientos, Habilidades y Actitudes.

<b>Conocimientos</b>
Lenguaje técnico propio del diseño asistido por PC
Hardware
Matemáticas
Geometría descriptiva
Geometría analítica
Diversos Sistemas operativos
Software de uso general
Lógica computacional
Técnicas para la operación de cada software especializado CAD
Capacidades de cada software especializado CAD
Principios de generación de las representaciones por el software CAD
Principios de cómo se realiza la programación del software CAD
Inglés
<b>Habilidades</b>
Dibujo a mano alzada
Visualización mediante volúmenes (3D)
Coordinación mano – ojo
Razonamiento lógico – matemático
Razonamiento sistemático
Abstracción
Discriminación de información no relevante

Establecimiento de relaciones, causas, consecuencias, efectos y conclusiones
Integración de conocimientos y principios previamente adquiridos para obtener una solución en problemas completamente nuevos
Percepción de la Belleza
Percepción de la Armonía
Sentido del Equilibrio
Sentido de la Proporción
Sentido de la Escala
Sentido de la Unicidad
<b>Actitudes, valores e intereses</b>
Indagación y búsqueda permanente
Iniciativa
Concentración
Perseverancia
Tenacidad
Vocación
Responsabilidad
Disciplina
Esfuerzo
Cumplimiento del Deber
Valores Estéticos
Interés por el desarrollo de modelos tridimensionales.
Interés por la representación gráfica de objetos de diseño industrial
Interés por conocer sistemas computacionales para el desarrollo de objetos.

Anexo 2. Preguntas para los estudiantes que no concluyeron el modelado

¿Qué piensas que te impidió terminar a tiempo? ¿Seguiste algún proceso o técnica para intentar el modelado? ¿Cuál fue ese proceso?

Anexo 3. Preguntas para los estudiantes que sí concluyeron el modelado.

¿Cuál fue el proceso que seguiste para el modelado de la pieza? ¿Qué piensas que te ayudó a terminar a tiempo?

Anexo 4. Cuestionario de conocimientos sobre Autocad v2008.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO**  
**LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL**

**TEST DIAGNÓSTICO DE CONOCIMIENTOS PARA MODELADO VIRTUAL CON EL SOFTWARE  
AUTOCAD VERSIÓN 2008**

Nombre: \_\_\_\_\_

Último período cursado: \_\_\_\_\_ Género: M\_\_\_\_\_ F\_\_\_\_\_

I. Por favor, conteste las siguientes preguntas conforme a sus conocimientos:

1. ¿Cuál es el nombre con el que se denomina al espacio de trabajo que tiene Autocad específicamente determinado para modelar objetos en tres dimensiones?

Dibujo 2D y acotación

Modelado 3D

Autocad Clásico

Curvas y Superficies

Superficies y Sólidos

Modelado de Sólidos

2. ¿Qué es una *Spline*?

Es un tipo de línea con la que se pueden formar figuras parecidas a la letra S.

Es un tipo de línea que tiene puntos de manejo.

Es un tipo de línea que se utiliza para alinear objetos en 3D.

Es un tipo de línea racional no uniforme.

Es un tipo de línea que se basa en la unión de puntos consecutivos para dibujar.

3. ¿Cuál es el nombre de los 2 sistemas de coordenadas que se pueden utilizar en Autocad?

---

---

4. ¿Cuál es la principal diferencia entre unidades de medida y unidades de dibujo?

---

---

---

---

5. ¿Cuáles son los 4 tipos de coordenadas que se pueden utilizar en Autocad?

---

---

6. ¿Qué significan las palabras *Orto* y *Refent (OSnap)*?

---

---

---

---

II. En la siguiente sección, coloque, delante del nombre del ícono, la función y/o efecto que éste genera.

	2D Spiral		Cylindrical Helix
	Elliptical Cylinder		Frustum Cone
	Frustum Pyramid		UCS
	Move UCS		UCS 3 Point
	UCS Face		UCS Object
	UCS Origin		UCS View
	UCS World		UCS X
	UCS Z Axis Vector		UCS Previous
	Polysolid		Box
	Wedge		Cone
	Sphere		Cylinder

	Pyramid		Torus
	3D Align		Extrude Face
	Presspull		Revolve
	Sweep		Loft
	Planar Surface		3D Move
	3D Rotate		Move Faces
	Offset Faces		Rotate Faces
	Separate		Taper Faces
	Shell		Union
	Subtract		Intersect
	Section Plane		Flatshot
	Interference Checking		Slice

	Thicken		Fillet
	Chamfer		Array
	Mirror		Offset
	Convert to Solid		Convert to Surface
	Dish		Dome
	Sphere		Box
	Cone		Torus
	Wedge		Donut
	3D Face		3D Mesh
	Edge Surface		Revolved Surface
	Ruled Surface		Tabulated Surface

Anexo 5 (Formato de evaluación de fidelidad y errores de modelado)

Estudiante: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Fidelidad del modelado de postest: Tapa de termo.		
Características.	¿Es igual?	
	Si	No
Perfil 1 (orilla de la tapa)		
Diámetro total		
Perfil 2 (grosor e inclinación)		
Diámetro de barrenos en tapa		
Ubicación de barrenos en tapa		
Perfil 3 (pestaña superior)		
Grosor y perforación de pestaña superior		
Redondeados de pestaña		
Total de características fieles:		
Porcentaje de conclusión del ejercicio.		